АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СЕКРЕТНО

Экз. № 330

ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

217

К Вх. № 156с
3/XII-55г.


АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ
ПОСТОЯННАЯ КОМИССИЯ ПО ЖЕЛЕЗУ

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1955

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ
ПОСТОЯННАЯ КОМИССИЯ ПО ЖЕЛЕЗУ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

СЕКРЕТНО
Экз. № 336

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КВАРЦИТЫ И БОГАТЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

54557

Ответственный редактор
академик И. П. БАРДИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1955

Институт геологических наук Академии наук СССР

Научная редакция

Академики *И. П. Бардин, Д. И. Щербаков, В. С. Немчинов, А. М. Терпигорев, Л. Д. Шевяков, С. Г. Струмилин, Д. С. Коржинский,*
член-корр. АН СССР *Л. В. Пустовалов, С. М. Мелешкин, И. В. Орлов, М. И. Калганов, С. С. Смирнов-Верин, И. С. Шапиро*

Редактор сборника
М. И. Калганов

ОТ РЕДАКЦИИ

В настоящем сборнике по железорудному бассейну Курской магнитной аномалии освещаются вопросы геофизики, геологии, гидрогеологии, инженерной геологии, горного дела, обогащения руд, борьбы с силикозом на рудниках бассейна и общие экономические и эконом-географические проблемы, связанные с промышленным освоением железорудных ресурсов этого бассейна.

В сборнике подводятся итоги всех геологических и технологических исследований, которые были проведены на Курской магнитной аномалии с 1927 по 1954 г.

Результаты геофизических и геологических исследований до 1927 г., которые проводились на КМА Особой комиссией по исследованию Курских магнитных аномалий (ОККМА), созданной при Президиуме ВСНХ, были опубликованы в трудах этой комиссии, которые выходили отдельными выпусками вплоть до 1927 г. В тот период на КМА еще не производилась добыча железистых кварцитов и вопросы, связанные с разработкой, обогащением и плавкой этих кварцитов, не могли тогда иметь актуального значения и потому не освещались в трудах ОККМА.

В настоящее же время железистые кварциты КМА добываются на руднике им. И. М. Губкина, обогащаются, и концентрат, получаемый из этих кварцитов при помощи мокрой магнитной сепарации, агломерируется и отправляется для плавки на Ново-Тульский металлургический завод. Кроме того, ведется подготовка к добыче открытым способом богатых железных руд КМА, которые являются корой выветривания железистых кварцитов.

В сборнике уделено должное внимание вопросам добычи и обогащения железистых кварцитов и богатых железных руд КМА. Кроме того, в отдельных статьях намечены пути дальнейших геофизических, геологических, гидрогеологических, горнотехнических, экономических и других исследований, направленных на скорейшее промышленное освоение колоссальных железорудных ресурсов бассейна КМА, который находится в центре территории Европейской части СССР.

В книге приводятся некоторые геологические и гидрогеологические данные и по Криворожскому железорудному бассейну. Это сделано с целью сравнительного геологического и гидрогеологического изучения двух больших смежных железорудных бассейнов — Кривого Рога и КМА. Железистые кварциты и богатые железные руды (красные железняки) этих бассейнов образовались, очевидно, в близких геологических

условиях и потому изучение этих условий в двух смежных бассейнах поможет более правильно решать многие геологические, тектонические, генетические и другие вопросы.

Материалы по Кривому Рогу, приведенные в настоящем сборнике, необходимы еще и потому, что, по решению Совета Министров СССР, Академия наук СССР с 1954 г. совместно с Академией наук УССР приступила к изучению Криворожского железорудного бассейна. В связи с этим многие научно-исследовательские учреждения Академии наук СССР (Институт геологических наук, Совет по изучению производительных сил, Институт горного дела, Институт геофизики и др.) должны будут проводить изучение Кривого Рога и помещенные в сборнике статьи по геологии, гидрогеологии и генезису руд этого бассейна будут полезны исследователям для сравнительной характеристики КМА и Кривого Рога.

Сборник составлен авторским коллективом работников Академии наук СССР и учреждений министерств Геологии и охраны недр, Черной металлургии и Высшего образования СССР.

Подготовка работы к печати выполнена ст. науч. сотр. Института геологических наук М. И. Калгановым и ст. науч. сотр. Постоянной комиссии по железу И. С. Шапиро.

Постоянная комиссия по железу выражает благодарность авторам сборника, а также руководителям и сотрудникам упомянутых выше учреждений, принимавшим участие в разработке материалов, использованных в настоящей работе.

Академик *И. П. Бардин*

Академик И. П. БАРДИН

К ПРОБЛЕМЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ РЕСУРСОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Курская магнитная аномалия была открыта в 1784 г. академиком П. Б. Иноходцевым. В последующие годы изучением КМА занимались И. Н. Смирнов, Н. Д. Пальчиков, Н. Д. Сергиевский, Э. Е. Лейст и др.

В дореволюционное время исследования КМА проводились отдельными учеными, без единого плана, с большими перерывами. Причины аномалии в этот период так и не были выяснены до конца.

Изучение КМА и выявление ее практической значимости началось по-настоящему только после Великой Октябрьской социалистической революции. Советское Правительство заново, силами советских ученых, организовало комплексное изучение КМА. В 1921 г. В. И. Ленин дал указание о настоятельной необходимости изучения КМА. Для руководства работами на КМА при Президиуме ВСНХ СССР была создана Особая комиссия по исследованию курских магнитных аномалий «ОКМА» во главе с академиком И. М. Губкиным. Эта Комиссия вела свою работу до 1926 г.

В годы довоенных пятилеток, наряду с усилением геологических исследований, были организованы работы по изучению путей промышленного использования железорудных ресурсов КМА. С 1930 по 1936 г. под руководством Наблюдательного совета по КМА при СТО, возглавлявшегося академиком И. М. Губкиным, были произведены большие геофизические и буровые работы, в результате чего были выявлены крупные залежи железных руд и железистых кварцитов на большой территории КМА и была доказана возможность добычи этих руд и кварцитов несмотря на трудные условия в связи с наличием водообильных пород, располагающихся непосредственно на рудных телах.

В 1931 г. были начаты работы по промышленному освоению богатых руд Курской магнитной аномалии. В 1934 г. на Коробковском железорудном участке был введен в эксплуатацию первый опытный рудник. В 1936 г. в результате прорыва воды из надрудной толщи горные выработки этого рудника оказались затопленными.

После Великой Отечественной войны изучение и разведка КМА были продолжены. В результате этих работ на КМА в 1952 г. были сданы в эксплуатацию опытные предприятия: рудник и обогатительно-агломерационный комбинат годовой производительностью в 250 тыс. т офлюсованного агломерата из концентратов железистых кварцитов. Этот агломерат обладает высоким металлургическим качеством. Уже сейчас можно утверждать, что задача использования железистых кварцитов в черной металлургии является в принципе решенной. В дальнейшем следует совершенствовать методику и технику освоения кварцитов в металлургии, изыскивать новые способы и увеличивать масштабы этого освоения.

В настоящее время разработан проект и принято решение о строительстве новой Южно-Коробковской шахты с обогатительно-агломерационной фабрикой с годовой производительностью 2,2 млн. т по исходному сырью и 1 млн. т по агломерату. Срок окончания ее строительства намечен Правительством на 1956 г. Добыча богатых железных руд намечается на Лебединском рудном участке. Проектирование добычи на этом участке началось еще в 1939 г. В настоящее время «Южгипроруда» проектирует на Лебединском участке добычу открытыми работами в количестве 3 млн. т руды в год (11 млн. т горной массы).

В 1952 г. Правительство утвердило проект расширения Ново-Липецкого металлургического завода, помимо двух имеющихся доменных печей, запроектировано строительство еще двух новых доменных печей, мартеновского, электросталеплавильного и прокатного цехов. Основной сырьевой базой этого завода должны быть богатые железные руды и железистые кварциты Курской магнитной аномалии.

В ближайшие годы предстоит организовать широкое промышленное использование месторождений богатых железных руд и железистых кварцитов района Курской магнитной аномалии.

Следует отметить, что проводившиеся до сих пор работы по изучению и практическому освоению природных богатств, сосредоточенных на обширной территории КМА, являются далеко недостаточными.

На этой территории уже выявлены колоссальные запасы железистых кварцитов и большие запасы богатых железных руд. Аэромагнитной и наземной съемкой за последние годы установлено весьма большое площадное распространение магнитных аномалий, располагающихся далеко на север и на юг от Курской области. Эти аномалии, обусловленные залежами железистых кварцитов, с некоторыми перерывами прослежены уже от широты г. Могилева (Белорусской ССР) до широты г. Купянска Харьковской области. Общая полоса магнитных аномалий протягивается в меридиональном направлении более чем на 600 км, при ширине, колеблющейся от 40 до 250 км. Есть некоторые основания предполагать, что полоса этих магнитных аномалий может соединяться на западе через Ромоданскую, Роменскую и другие аномалии с магнитными аномалиями Кременчуга и Кривого Рога, которые также обусловлены залежами железистых кварцитов.

На всей обширной территории железистые кварциты покрываются плащом осадочных пород палеозойского и мезозойского возраста. Разведка железистых кварцитов и богатых железных руд на территории должна вестись комплексно, т. е. с учетом выявления других полезных ископаемых (осадочных железных руд, бокситов, фосфоритов, углей, огнеупорного сырья, флюсов, формовочных земель и др.), которые могут быть связаны с толщей осадочных пород.

Комплексное геологическое изучение всей территории Курской магнитной аномалии является весьма необходимым, так как для промышленного освоения огромных железорудных ресурсов этого района потребуются в большом количестве вспомогательное металлургическое сырье и строительные материалы. Это сырье должно быть найдено на месте. К сожалению, до сих пор комплексное геологическое изучение этого района еще не проводится.

Перспективные геологические запасы железистых кварцитов КМА в настоящее время исчисляются тысячами миллиардов тонн. Богатые железные руды в этом районе разведаны пока слабо. Запасы этих руд в указанном железорудном бассейне, по аналогии с Кривым Рогом также могут быть значительными, что подтверждается разведками последних лет на участках Яковлевском, Верхопеньском и Гостищевском.

Для широкого освоения колоссальных запасов железистых кварцитов и больших запасов железных руд КМА, наряду со значительным расширением Ново-Липецкого завода, в будущем необходимо приступить к строительству новых металлургических заводов на базе руд КМА.

Главной задачей в настоящее время является разработка основных положений такого общего плана геологических, геофизических, инженерно-геологических, горнотехнических, технологических, проектных, изыскательских, экономических, комплексных научно-исследовательских и других работ, осуществление которых способствовало бы скорейшему и всестороннему разрешению проблемы КМА и превращению этого крупнейшего железорудного бассейна в мощную металлургическую базу Советского Союза, расположенную вблизи от центральных промышленных районов страны. Такая база весьма нужна, поскольку в центральных районах СССР потребляется большая доля производимого в стране металла.

Для нового строительства предприятий черной металлургии в районе КМА благоприятствуют не только огромные запасы железорудного сырья. Этому также способствует и относительная близость территории КМА к Донецкому каменноугольному бассейну. С Донецким бассейном район Курской магнитной аномалии связан в настоящее время двумя железнодорожными магистралями.

Сравнительно близкое расположение друг к другу этих двух крупнейших бассейнов (железорудного и каменноугольного) и наличие между ними хорошей железнодорожной связи является благоприятным фактором для создания на базе сырьевых ресурсов КМА крупнейшей металлургической базы СССР, располагающейся в центре Европейской части нашей страны.

Наряду с разведочными и поисковыми работами, вопросы добычи руд КМА, их обогащения и определения металлургической ценности должны быть доведены до такой степени ясности и конкретности, чтобы было возможно сделать технико-экономическое сопоставление промышленного использования руд КМА с рудами других перспективных мощных месторождений железорудного сырья, в частности, с криворожскими кварцитами, керченскими и аятскими рудами.

Основными вопросами в проблеме КМА сейчас являются нахождение эффективных методов добычи и обогащения железистых кварцитов и богатых руд, разработка которых является весьма сложной и потребует больших усилий.

Курская магнитная аномалия представляет собой великий дар природы. Железорудные ресурсы Курской магнитной аномалии практически неисчерпаемы. Советские ученые, следуя многолетней традиции Академии наук СССР, традиции, основы которой по исследованию КМА заложены трудами академика Ивана Михайловича Губкина, совместно со специалистами производственных организаций обязаны приложить все силы к тому, чтобы использовать этот неиссякаемый источник железа для скорейшего построения коммунизма в нашей стране.

Академик А. М. ТЕРПИГОРЕВ

ИЗ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Среди известных железорудных месторождений Советского Союза совершенно исключительное место занимают месторождения курских магнитных аномалий по неисчерпаемым запасам и местоположению в центре нашей страны.

Курская магнитная аномалия была открыта в 1784 г. академиком П. Б. Иноходцевым, который столкнулся с явлениями магнитной аномалии при составлении карт для генерального межевания. Магнитное отклонение, обнаруженное П. Б. Иноходцевым, превышало нормальное на 5°. Но это открытие осталось незамеченным и только через 90 лет снова возник вопрос о магнитной аномалии в Курской губернии.

В 1874 г. приват-доцент Казанского университета И. Н. Смирнов произвел магнитную съемку и отметил наличие магнитных аномалий в районе Белгорода.

В 1889 г. геолог Н. Д. Сергиевский обнаружил еще более сильную магнитную аномалию в районе села Непхаева.

В 1896 г. Русским географическим обществом был приглашен директор Парижской магнитной обсерватории Т. Мурро, который, произведя ряд исследований, пришел к выводу о значительном распространении аномалии в Курской губернии.

После этого Русское географическое общество и Курское земство поручили профессору Московского университета Э. Е. Лейсту провести исследование с целью установления пределов распространения аномалии и выяснения ее причины. Лейст пришел к выводу, что причиной аномалии является наличие на глубине значительных масс железных руд. Однако пробуренные в 1898 г. две скважины, глубиной 212 и 245 м, не дошли до железной руды. Это обстоятельство привело к прекращению финансирования работ Лейста. В последующие 20 лет, до 1918 г., Лейст продолжал в каникулярное время вести исследования на собственные средства. Он составил геомагнитные карты и доказал наличие залежей железных руд в уездах Обоянском и Белгородском, в районах Нового и Старого Оскола, Щигров, Фатежа и в других местах. В 1918 г. Лейст уехал в Германию, взяв с собой все материалы своих исследований, и в том же году умер в Берлине. Материалы оказались в руках немецкого капиталиста Штейна, который сделал попытку продать их Советской республике за 8 миллионов золотых рублей. Советское Правительство отклонило это предложение и решило приступить к изучению КМА силами своих ученых.

В. И. Ленин сразу же оценил огромное значение КМА для народного хозяйства. С 1919 г. работа по исследованию КМА была сконцентрирована в специальной комиссии Академии наук. Советская власть придавала настолько большое значение решению проблемы КМА, что исследовательские работы проводились даже в 1919 г., в период гражданской

войны. В решении СТО, подписанном В. И. Лениным, указывалось: «Признать все работы, связанные с разведкою курских магнитных аномалий, имеющими особо важное государственное значение» и «Ввиду исключительного значения для Республики скорейшего окончания работ по разведке курских магнитных аномалий, все советские гражданские и военные власти обязуются оказывать означенным работам полное содействие, отнюдь не допуская междуведомственных трений и волокиты».

В 1921 г., по личному указанию В. И. Ленина, при ВСНХ была образована Особая комиссия по исследованию курских магнитных аномалий (ОККМА). Комиссия, возглавляемая И. М. Губкиным, должна была руководить всеми геологическими и магнитометрическими работами на КМА. В первый период в составе комиссии были видные советские ученые: академик П. П. Лазарев и профессор А. Д. Архангельский, а несколько позже в состав комиссии вошел и автор (А. М. Терпигорев).

Даже когда В. И. Ленин был болен, он не переставал интересоваться ходом исследовательских работ на КМА. И. М. Губкин рассказывал: «В 1921 г. мы заложили буровую скважину в 4 км от г. Щигры, к югу на магнитном максимуме. Работать приходилось в тяжелых условиях. Наши товарищи с материалами для оборудования из Грозного попали в руки белогвардейских бандитов и трое были расстреляны. Поезд с нашими материалами вместо Щигров и Курска попал в Тифлис. Несмотря на это, мы продолжали свое дело. Владимир Ильич Ленин помогал нам во всем».

В июне 1921 г. была заложена первая скважина в районе Щигров и на глубине 167 м были встречены железистые кварциты, содержащие магнитный железняк.

В апреле 1922 г. В. И. Ленин писал Г. М. Кржижановскому о необходимости энергичного ведения работ по КМА и намечал возможные мероприятия по развертыванию этих работ.

В июне 1923 г. скважиной, пройденной в Щиграх, было обнаружено, что среди кварцитов встречаются прослои магнитного железняка. Было также доказано, что в районе Курской аномалии встречаются руды и с высоким содержанием железа.

Работы ОККМА были сосредоточены на определении местоположения рудных залежей и аномальной области посредством применения геофизических исследований: гравитационная съемка и комбинация магнитных и гравитационных измерений, для чего советскими учеными были разработаны и сконструированы оригинальные приборы. Непосредственно этими работами руководил академик П. П. Лазарев и, по его данным, вся аномальная полоса имеет протяженность в 250 км, протягиваясь в общем с северо-северо-запада на юго-юго-восток, шириной на севере — 3 км и на юге — 5 км. Наибольшего напряжения аномалия достигает в районе Щигров и на этом участке были в основном сосредоточены работы. Здесь было заложено 13 скважин, из них 7 шли вкрест простирания аномалии, образуя первую основную линию разведочных работ.

Этими скважинами были обнаружены железистые кварциты, представляющие тонкослоистую породу, сложенную из перемежающихся слоев кварца, магнетита, роговой обманки и в подчиненном количестве карбоната, гематита, хлорита.

Залежь довольно плотная, твердая, но хорошо дробящаяся. Слои кварцита имеют крутое падение — 55—60°, выполаживание до 35—40° имеет место в основании кварцитовой толщи, на контакте ее с подстилающими породами. Залегание толщи кварцитов неспокойное, часто наблюдаются смещения, разрывы. Мощность кварцитов точно не была

установлена, примерно она изменяется в пределах 210—225 м. Содержание железа в кварцитах от 30 до 38%, в среднем 35%.

Петрографические исследования, проведенные ОККМА, позволили придти к следующим выводам.

1. Месторождение района КМА принадлежит к типу осадочных метаморфизированных залежей.

2. Главным фактором метаморфизма был региональный метаморфизм, второстепенным — контактный метаморфизм.

3. Образование рудных кварцитов связано с выделением коллоидальных окислов гидратов железа и кремнекислоты, частью — водных силикатов железа на дне водного бассейна, возможно при содействии организмов.

4. При перекристаллизации образовались преимущественно опаловая кислота, кварц, магнетит, а там, где были иные примеси к осадку (глинистые материалы, углекислые соли и др.), образовались также роговые обманки и другие минералы.

5. Признаков магматического происхождения руд не было обнаружено.

6. Месторождения КМА, близкие к Криворожскому, отличаются меньшей перекристаллизованностью и некоторыми специфическими особенностями.

Работы ОККМА, продолжавшиеся до 1926 г., дали богатый материал для познания геологии докембрия и показали в докембрийских слоях наличие сильно магнитных железистых кварцитов, обусловливающих наблюдаемые магнитные аномалии.

Полученные сведения дали возможность И. М. Губкину определить действительные запасы железной руды со средним содержанием железа в 35% в разведанной полосе, протяженностью всего 18 км, до глубины 800 м, в 10 млрд. т. Из этого запаса можно получить около 3,5 млрд. т железа; вся же аномальная полоса, протяжением в 250 км, может заключать запас в 200 млрд. т железной руды, или 70 млрд. т железа.

Вполне понятно, что нахождение такой грандиозной рудной залежи в центральной части Советского Союза, на кратчайшем расстоянии от промышленных металлообрабатывающих центров, выдвинуло вопрос о рентабельности эксплуатации месторождения.

Этот вопрос было поручено проработать под руководством автора профессорско-преподавательской группе Московской горной академии. Для составления предварительного проекта были привлечены: по горной части — Основин, по электромеханической — М. М. Федоров, по обогащению — В. И. Трушлевич и по агломерированию обогащенной руды — Н. П. Чижевский.

Для исследований была взята производственная единица с годовой добычной мощностью в 820 000 т в Щигровском районе, оборудованная двумя вертикальными стволами, каждый глубиной в 275 м, техническими, хозяйственными сооружениями, жилой колонией, подъездным железнодорожным путем, обогатительной и агломерационными фабриками. Капитальные затраты по ценам 1925 г. были исчислены примерно в 10 млн. руб., а стоимость тонны чугуна на донецком коксе из курских железистых кварцитов с содержанием железа в среднем в 35% определилась дороже чугуна из криворожской богатой руды на 8,00 коп. на тонну.

Сравнительные подсчеты по криворожским залежам показали, что даже при разработке бедных курских кварцитов создание нового металлургического центра может оправдать себя с экономической и народнохозяйственной точки зрения.

В то время противники создания нового металлургического центра на базе курских бедных железных руд выдвигали вопрос о ненужности, вследствие нерентабельности, создания такого центра, основывая свои положения только на одной экономической стороне всей этой большой и важной для народного хозяйства страны проблемы.

За время своей работы до 1926 г. ОКМА провела огромное число магнитных наблюдений, которые позволили установить наличие громадных запасов руд и предварительно определить глубину их залегания.

Фактически ОКМА обследовала два района: Северный участок в районе Щигров и район Коробково — Лебеди — Старый Оскол. На Северном участке железистые кварциты были обнаружены на глубине 152—186 м, в районе Старого Оскола — на глубине 116—137 м.

Магнитная аномалия расположена двумя как бы параллельными полосами: одна идет от Волчанска через Белгород, Льгов и Дмитриев, а другая начинается от Валуек и идет через Новый и Старый Оскол, Тим, Щигры и далее на северо-запад к Подмосковному бассейну. До войны была обследована общая площадь аномалии протяжением свыше 300 км и шириной от 5 до 35 км в разных местах.

Наибольший интерес представляют участки: Лебединский, Коробковский, Салтыковский, Стойленский, Волоконовский и Новооскольский.

Возобновившиеся в 1930 г. разведочные работы в районе Старого Оскола подтвердили выводы первых работ, а также обнаружили значительные месторождения высокопроцентных железных руд.

Породы докембрия в районе КМА впервые были вскрыты скважиной № 1 в г. Щигры в 1931 г. Эта скважина, пройдя всю свиту осадочных пород, покрывающих докембрий, врезалась в магнетитовые кварциты.

Изучение материалов, полученных при последующей проходке еще целого ряда скважин, позволило В. И. Лучицкому разбить всю свиту пород докембрия в районе Щигров на три отдела.

I. Верхний отдел

а) кристаллические известняки и доломиты с прослойками биотитового, обычно филлитовидного сланца;

б) известняково-слюдистые сланцы, перемежающиеся с кристаллическими известняками;

в) биотитовые сланцы с редкими и тонкими прослойками известняка, местами с прослойками железисто-хлоритового известняка.

II. Средний отдел

а) железистые кварциты, местами перемежающиеся с амфиболовыми, хлоритовыми и биотитовыми сланцами.

III. Нижний отдел

а) слюдяные сланцы, хлоритовые сланцы с биотитом и гранатом;

б) биотитовые гнейсы с прослойками хлоритовых слюдяных сланцев, кварцитов и известковистых сланцев.

Слои падают на северо-восток под углом 60—65°. В Старооскольском районе буровыми скважинами были вскрыты породы тех же отделов, почти тождественные Щигровскому району. Поэтому приведенный разрез можно считать основной стратиграфической схемой докембрия района КМА.

Таким образом, была исследована северо-восточная полоса магнитных аномалий, проходящая через города Щигры, Старый Оскол и Новый Оскол. Полоса аномалий, проходящая через Белгород, не была исследована.

От г. Щигры до села Теплый Колодезь идет одна полоса магнитных аномалий с северо-запада на юго-восток, у села Теплый Колодезь она разбивается на две: западную, проходящую на Новый Оскол, и вторую, которая делает дугообразный изгиб и идет параллельно первой, проходя через селения Салтыково и Волоконовку. Обе эти полосы, не доходя Нового Оскола, разбиваются на несколько изолированных одна от другой полос, постепенно затухающих в юго-восточном направлении. У станции Валуйки эти полосы уже затухают совершенно.

От второй полосы у села Коробково также, дугообразно изгибаясь, отходит третья полоса, от нее у деревни Лебеди отходит четвертая полоса, дающая у деревни Стойло изгиб на восток, затем на север и северо-запад и уходящая в северо-западном направлении через селения Букреевку и Ястребовку.

Железорудная формация представляет собой свиту пород мощностью до 200 м, сложенную железистыми кварцитами, перемежающимися с амфиболовыми сланцами.

Железистые кварциты — это тонкослоистые породы, в которых перемежаются тонкие (в несколько миллиметров) прослойки, обогащенные магнетитом, с прослойками кварца. Эта тонкая слоистость аналогична слоистости железистых роговиков и джеспилитов Кривого Рога, Верхнего озера (США) и др.

В составе рудных и нерудных прослоев железистых кварцитов принимает участие целый ряд минералов. Основными составными частями являются: магнетит, слагающий главным образом рудные прослойки, и кварц — нерудные прослойки. Амфиболы располагаются преимущественно в рудных прослойках.

Содержание железа в кварцитах колеблется от 25 до 45%, в среднем 33%.

Кроме железистых кварцитов, разведочными работами были вскрыты богатые железные руды. Детальной разведке они подверглись в трех пунктах в районе Старого Оскола (у Салтыково, Коробково и Лебеди). Эти руды приурочены к головам железистых кварцитов и распространяются на небольшую глубину, от нескольких и до 70 м. Ниже они переходят в обычные железистые кварциты. Площади их распространения довольно значительны (Салтыково — 0,5 км^2, Лебеди — 2,5 км^2, Коробково — 0,75 км^2).

Главная масса руд состоит из мартита и сидерита или мартита, сидерита и хлорита. Текстура руды тождественна текстуре кварцита, такая же тонкослоистая. Содержание железа в этих рудах от 53 до 65%, в среднем 54—57%.

По указанию И. В. Сталина, Госплан СССР в 1930 г. составил комплексный план научно-исследовательских и геологоразведочных работ на КМА, который и был утвержден Совнаркомом. Этим планом предусматривалось окончание геофизического исследования Северной и Южной полосы Курской магнитной аномалии, составление проектных заданий по строительству шахт и металлургического завода, проведение исследований по обогащению кварцитов. В последующие 1930—1932 гг. план геологоразведочных работ по КМА был значительно перевыполнен. Этими работами были расширены границы распространения аномалии. Скважинами на Салтыковском и Коробковском участках в 1931 г. были обнаружены богатые руды (до 65% Fe).

Работами, произведенными Наблюдательным советом при СТО, в период 1931—1936 гг., под руководством И. М. Губкина, выявлены огромные запасы железистых кварцитов, довольно большие запасы богатых руд большой мощности (11—60 м), залегающих на небольшой глубине (52—80 м), но находящихся в чрезвычайно сложных гидрогеологических условиях, так что даже в настоящее время еще не до конца решен вопрос о возможности их добычи.

В ноябре 1933 г., по личному указанию И. В. Сталина, было принято специальное постановление о промышленном освоении железных руд КМА. Было предложено заложить опытно-промышленные шахты на Коробковском участке.

В 1936 г. при проходке штрека, соединяющего два ствола, произошла авария: прорыв плывунов и затопление шахты, что повлекло за собой приостановку горных работ по подготовке к эксплуатации рудной залежи.

Этот прорыв, как впоследствии было установлено, явился результатом вредительского акта. Анализ же всего фактического материала по КМА свидетельствовал о том, что в этом бассейне сконцентрировано огромное количество железа и нашей задачей являлось быстрейшее освоение его.

И. М. Губкин говорил: «Вся история КМА — это история борьбы с косностью и консерватизмом, с непониманием отдельными людьми величайших задач, стоящих перед нашим народным хозяйством, наконец, борьбы с прямыми врагами советской власти, для которых дискредитация Курской магнитной аномалии являлась заманчивым актом экономического и политического вредительства».

В соответствии с решениями XVIII съезда партии к концу 1940 г. на КМА были пройдены две шахты, которые вскрыли рудное тело. Пробная плавка добытой руды на Сталинском металлургическом заводе показала довольно высокое качество курской руды.

Подводя итоги довоенному периоду освоения КМА, необходимо отметить, что к началу Великой Отечественной войны на КМА был создан город Губкин с многочисленными административными и жилыми зданиями, больницей, школой, двумя клубами, двумя библиотеками, парком культуры, радиоузлом и т. д.

На руднике были введены в эксплуатацию электростанция, компрессорная, механические мастерские. От рудника до г. Старый Оскол была проведена железная дорога протяженностью 28 км. До 1941 г. было добыто всего 45 тыс. т железной руды.

Временная оккупация территории КМА немецкими фашистами, повлекшая за собой полное разрушение рудника, приостановила начатое производственное освоение этого железорудного района.

Академик Л. Д. ШЕВЯКОВ

О РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЙОНОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В настоящей статье высказываются соображения по вопросам, которые представляются автору основными в проблеме изучения и практического использования железорудных месторождений области Курских магнитных аномалий.

Первыми кернами железистых кварцитов, полученными из буровых скважин в районах Курской аномалии, была окончательно установлена причина Курских магнитных аномалий. Было доказано, что в земных недрах данной области залегает тот же самый (если не говорить о некоторых несущественных деталях минералогического и петрографического характера) комплекс древнейших (докембрийских) пород, аналогичных с знаменитыми железорудными месторождениями в районах Кривого Рога и Верхнего озера (США).

Вместе с тем буровыми работами было установлено и существенное, имеющее громадное горнопромышленное значение, отличие условий залегания месторождений КМА от условий залегания месторождений в двух названных районах.

Как известно, в районе Кривого Рога чрезвычайно дислоцированные метаморфические породы докембрия непосредственно обнажаются на земной поверхности или лишь прикрыты незначительными отложениями пород третичного или четвертичного возраста. С горнотехнической точки зрения это обстоятельство очень важно, так как оно дает возможность легко разведывать месторождения неглубокими скважинами и без затруднений развивать горные работы для добычи железных руд — сначала открытым, а затем и подземным способом.

В районе Верхнего озера породы, содержащие железные руды докембрия, также обнажаются на земной поверхности, местами образуя даже возвышенности над общим уровнем местности, что еще более облегчает разведочные работы и ведение добычи руд открытым способом.

Иное геологическое строение недр в области КМА. Здесь докембрийские метаморфические породы, вмещающие железистые кварциты, а местами и богатые руды, сплошь покрыты толщей осадочных пород девонского, юрского, мелового, третичного и четвертичного возраста. И этот комплекс пород является сильно обводненным.

Наличие толщи водоносных пород над докембрием крайне затрудняло разведку и промышленное освоение железорудных месторождений Курской магнитной аномалии.

В то же время результаты произведенных к настоящему времени геофизических и буровых работ, а также первые подземные разработки Коробковского участка (шахта им. И. М. Губкина) не оставляют никаких сомнений в том, что месторождения КМА являются исключительно богатыми по суммарным запасам железа.

В районе Кривого Рога полосы железистых кварцитов тянутся на расстояние около 100 км, в районе Верхнего озера выходы содержащих железные руды докембрийских пород занимают ограниченную площадь, а в области КМА суммарная длина установленных к настоящему времени полос железистых кварцитов превышает общую длину криворожских полос в десять раз.

К железистым кварцитам местами приурочены и руды, богатые железом. Это не только предположение, основанное на аналогии с месторождениями Кривого Рога,— наличие богатых руд непосредственно установлено горными работами в Коробковской шахте и многими буровыми скважинами, на Лебединском и других участках.

Железорудный район Курской магнитной аномалии, обладающий грандиозными запасами железа и в географическом отношении расположенный исключительно благоприятно, имеет первостепенное значение для экономики нашей страны.

Несмотря на все сказанное, промышленное освоение железорудных месторождений КМА происходит крайне медленно.

В то же время можно привести много примеров успешного развития добычи железных руд в последние десятилетия в новых районах СССР. Здесь в первую очередь должна быть названа гора Магнитная, разработка богатых месторождений которой началась только при Советской власти и добыча руд в очень короткий срок достигла больших масштабов. Железорудные месторождения Горной Шории осваивались в трудных природных условиях и тем не менее их разработка также развивалась весьма успешно.

Основной причиной медленного освоения месторождений КМА являются отмеченные выше трудные геологические и особенно гидрогеологические условия.

Первая шахта им. И. М. Губкина была заложена на Коробковском участке для опытной разработки небольшого по запасам месторождения руд, богатых железом.

Так как эти богатые руды оказались расположенными на «головах» докембрийских пород, т. е. непосредственно под водоносными породами мезозоя, то гидрогеологические условия их разработки оказались весьма тяжелыми. Поэтому было решено перейти в этой экспериментальной шахте к добыче не богатых руд, а железистых кварцитов. В техническом отношении такая добыча в данных конкретных условиях вполне возможна, хотя и сопровождается известными затруднениями ввиду большой физико-механической крепости кварцитов.

Научно-исследовательскими работами (Механобра и других учреждений), а позднее и производственной работой, построенной на основе исследований обогатительной фабрики, была доказана техническая возможность получения из железистых кварцитов концентрата, вполне пригодного для металлургического производства, но с экономической точки зрения подземная добыча кварцитов была признана мало эффективной.

В нескольких километрах от шахты им. И. М. Губкина разведочным бурением установлено наличие другого (Лебединского) месторождения, содержащего уже весьма крупные запасы богатых железных руд.

Ввиду значительной мощности (около 100 м) покрывающих докембрий пород, и, главное, их большой водоносности, вопрос о способе (подземном или открытом) разработки Лебединского месторождения вызывал в последние годы оживленные дискуссии среди специалистов.

В настоящий момент эти споры надо уже считать разрешенными в пользу открытого способа.

Успехи отечественного горного машиностроения и опыт ведения грандиозных земляных работ в разнообразных условиях, в частности, при наличии водоносных пород, чрезвычайно расширили возможности добывания полезных ископаемых карьерами, т. е. открытыми горными работами.

Детальный учет условий Лебединского месторождения приводит к мысли о необходимости так называемого предварительного осушения этого месторождения, необходимого для обеспечения надлежащих условий его разработки. Наиболее простым и надежным способом в данных условиях является проходка вертикальных шахтных стволов и сети подземных горизонтальных дренажных выработок в подстилающих месторождение породах. Спуск воды в дренажные выработки должен осуществляться через так называемые сквозные фильтры, устроенные в буровых скважинах, а откачка воды на земную поверхность — насосами, по трубопроводам, установленным в упомянутых шахтных стволах.

Наличие предварительного осушения создаст условия для добывания сначала покрывающих пород, а затем и железной руды экскаваторами, с погрузкой в железнодорожные открытые вагоны.

Таким образом, Коробковский участок явился первоочередным местом развития подземной добычи, а Лебединский участок, в соответствии с нашими знаниями о Курской магнитной аномалии в настоящий момент, намечен в качестве очередного объекта добычи открытым способом.

По освоению своеобразных горных работ по добыванию железистых кварцитов в шахте им. И. М. Губкина сделано уже много. На основе производственного опыта наметились многочисленные технические вопросы (например, о параметрах системы разработки, о способах бурения скважин для взрывных работ и др.), успешное разрешение которых будет способствовать эффективности работы шахты. Имеются и определенные производственные достижения в деле обогащения кварцитов и в использовании концентратов для металлургии. Много сделано и в направлении детального изучения Лебединского месторождения, что доставило сведения, необходимые для составления проектов его разработки.

Следует все же отметить, что Коробковский и Лебединский участки не являются по природным характеристикам оптимальными точками для развития добычи руд. Промышленное освоение богатств КМА началось на этих участках лишь потому, что они были наиболее разведаны ко времени заложения первого рудника.

Поэтому совершенно необходимы поиски и разведки других месторождений с более благоприятными горно-геологическими условиями их разработки.

По предварительным сведениям, Михайловское месторождение, где установлены значительные запасы железистых кварцитов и даже богатых руд, имеет мощность покрывающих пород в два или три раза меньшую по сравнению с таковой в Лебединском месторождении. Добыча здесь железистых кварцитов открытым способом может быть экономически гораздо более эффективна, чем их подземная разработка в шахте им. И. М. Губкина.

Ввиду сказанного необходимо произвести ревизию представлений о месторождениях Курской магнитной аномалии по состоянию наших сведений о них в настоящий момент.

С учетом всей суммы накопленных материалов по геофизическим исследованиям, данных бурения, на основе современных представлений о геологическом и гидрогеологическом строении этой огромной области, должны быть намечены участки, где железистые кварциты и богатые руды могут залегать в условиях, более благоприятных для разработки.

На таких участках должны быть произведены разведочные работы бурением. Основной целью таких исследований должно быть обнаружение участков, пригодных для ведения открытых горных работ.

Такие участки могут быть территориально расположены далеко от уже осваиваемого района шахты им. И. М. Губкина. Это обстоятельство ни в коем случае не должно рассматриваться как препятствие к постановке вопроса о промышленном использовании новых месторождений. Если условия их разработки будут более легкими, по сравнению с условиями Коробковского или Лебединского участков, то можно будет смело приступать к созданию нового или новых центров добычи железной руды.

Одновременно с более детальными разведками первоочередных участков в районах Курской магнитной аномалии должны продолжаться региональные исследования.

Для выяснения общей картины геологического строения всего бассейна КМА необходимо бурение скважин для построения региональных профилей по бассейну и бурению глубоких структурных скважин в пределах отдельных участков.

В равной мере необходимо одновременное продолжение геофизических и гидрогеологических исследований.

Размах и масштабы всех этих работ должны соответствовать потенциальному значению для народного хозяйства месторождений КМА. Нельзя сомневаться в том, что значительные средства, необходимые для осуществления этих работ, сторицей окупятся.

На основании всего сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Железорудные районы месторождения Курской магнитной аномалии по размеру запасов железа и по географическому положению бассейна имеют огромное перспективное значение для нашей страны.

2. Так как разработка месторождений КМА по причинам, связанным с историей их обнаружения и разведки, началась в районе Коробковского участка (шахта им. И. М. Губкина) с трудными геологическими, гидрогеологическими и горнотехническими условиями, то, не снижая темпов развития работ по освоению этого первого центра разработки руд, необходимо продолжить и усилить широкое изучение геологического строения всех районов КМА с целью обнаружения других, более благоприятных для разработки участков.

3. Необходимо продолжение геофизических, гидрогеологических и геологических исследований, особенно бурение скважин по региональным профилям всего бассейна и бурение структурных глубоких скважин на отдельных участках.

4. Обнаруженные новые участки с более благоприятными геологическими, гидрогеологическими и горнотехническими характеристиками должны детально разведываться и, в случае благоприятных результатов разведки, необходимо приступать к их освоению независимо от их расположения по отношению к уже осваиваемому Коробковскому району.

С. С. СМИРНОВ-ВЕРИН

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ПО ОСВОЕНИЮ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В железорудном бассейне КМА на протяжении последних 35 лет были проведены геологические, геофизические и инженерно-геологические исследования, которые привели в конечном счете к тому, что железистые кварциты, как бедные железные руды, стали использоваться в черной металлургии в качестве железорудного сырья. Однако следует отметить, что грандиозный по своим запасам бассейн КМА остается и до настоящего времени недостаточно изученным.

Не решены еще многие теоретические и практические вопросы по этому бассейну:

а) не уточнены границы всего железорудного бассейна;

б) аэросъемка не охватила значительной части площади, расположенной между уже известными интенсивными узлами магнитных аномалий;

в) далеко еще не закончены работы по проверке имеющихся данных аэромагнитной съемки наземной магнитной съемкой в сопоставлении с результатами других геофизических методов.

Необходимо дальнейшее развертывание аэромагнитных съемочных работ за пределами уже известной территории района КМА; в особенности — в северо-западном и западном направлениях, а также в южном и юго-западном, в целях выявления подлинных границ района развития магнитных аномалий и выяснения возможных связей между Криворожским железорудным бассейном и бассейном КМА. В юго-восточном направлении весьма желательно проследить возможное развитие бассейна КМА в сторону Хоперского района железорудных проявлений.

Наряду с магнитной съемкой, в комплексе с ней, необходимо значительно усилить проведение геофизических исследований в районе КМА с применением всех других методов геофизики: сейсмографии, гравиметрии, электроразведки и пр.

Сопоставление показаний, полученных при изучении различными геофизическими методами одних и тех же объектов, поможет правильно расшифровывать результаты, получаемые при использовании в условиях КМА того или иного метода геофизических исследований. В настоящее время иногда при проходке разведочных буровых скважин на том или ином участке магнитных аномалий не обнаруживается каких-либо рудных образований. Иногда наблюдается обратное явление — богатые рудные залежи выявляются при разведочном бурении на сравнительно «спокойных» участках, расположенных между узлами или полосами интенсивных магнитных аномалий.

Комплексные геофизические исследования в первую очередь следует поставить на Костельцовском, Прохоровском, Белгородском и Лубянском узлах магнитных аномалий. Эти исследования должны помочь выявле-

нию залежей богатых железных руд, а также уточнению площадей сплошного развития железистых кварцитов.

Отмечается необходимость значительного увеличения объема, ускорения темпов проведения геофизических работ и повышения их качества. На основе этих работ смогут более успешно развиваться работы по поискам железорудных месторождений и по их разведыванию. Вряд ли допустимо развертывание поисково-разведочных работ в районах, которые еще не освещены геофизическими исследованиями, что иногда наблюдается. Эти исследования совершенно необходимы при проведении работ по изучению стратиграфии докембрия, а также кровли докембрийского фундамента, которые позволили бы получить материалы, необходимые для обеспечения построения гипсометрической карты Курской магнитной аномалии масштаба 1 : 500 000.

В процессе проведения комплексных геофизических исследований должна быть разработана методика выявления залеганий богатых руд, уходящих на глубину; при этом необходимо проводить изучение горных пород района КМА с установлением геофизических констант этих пород. Исследования также должны помочь осуществлять возможно более четкую геологическую интерпретацию тех данных, которые получаются при проведении геофизических работ.

В период действия ОККМА был выполнен довольно большой объем работ по обобщению имевшихся материалов геофизических исследований,— преимущественно магнитной съемки и выявления районов магнитных аномалий. К настоящему времени накоплены еще более обширные материалы новых магнитосъемочных работ. Необходимо срочное проведение работ по их обобщению, увязке с материалами прошлых исследований и геологоразведочных работ, научной обработке всех материалов для детального описания геологического строения бассейна КМА и генезиса железистых кварцитов и богатых железных руд.

В отношении геологического изучения района КМА отмечается серьезное расхождение между объемом выполненных и темпами проводимых исследований и тем, что необходимо для осуществления возможно более полного выявления геологического строения хотя бы основной части бассейна КМА. За весь период проведения работ по изучению КМА геологическими исследованиями с проходкой неглубоких буровых скважин охвачена сравнительно незначительная часть обширной территории этого бассейна. Буровые скважины в подавляющем большинстве имели глубину в 200—300 м и освещали лишь толщу надрудных рыхлых пород. Лишь единичные скважины в местах наибольшей концентрации геологоразведочных работ пройдены на глубину около 600 м. Поисковыми буровыми работами до настоящего времени охвачено не более 10% всей площади магнитных аномалий КМА. Детальные геологоразведочные работы были проведены всего лишь на 3—4 известных железорудных участках. При этом ни один из этих участков все еще не может считаться полностью разведанным. Работы, проводимые Министерством геологии и охраны недр, сконцентрированы в уже известных ранее районах; новые перспективные площади слабо разведываются. Это приводит к задержкам в выявлении и подготовке к освоению новых месторождений, которые могут находиться в более благоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях, чем это имеет место в отношении уже известных рудных участков.

В целях изучения стратиграфии и общей тектонической структуры докембрия бассейна Курской магнитной аномалии должны быть начаты геофизические исследования различными геофизическими методами докембрийского кристаллического фундамента и разбуривания региональ-

ных профилей буровыми скважинами по всему бассейну с углублением в толщу кристаллических пород докембрия и железистых кварцитов до 500—600 м.

Эти региональные профили должны быть расположены вкрест простирания основных полос магнитных аномалий бассейна. В первую очередь проходку таких профилей следовало бы начать на территории наиболее изученного Старооскольского района, где при выборе общего направления профилей можно бы было учесть существующую сеть уже пройденных разведочных скважин с тем, чтобы включить какую-то часть этих скважин в состав профилей.

Проведение глубоких структурных скважин на разведанных участках бассейна, кроме установления характера структуры докембрия, сможет облегчить выявление на глубине богатых железных руд как гипергенного, так и гипогенного генезиса.

На основе материалов прошлых геофизических исследований и геологоразведочных работ можно считать, что наиболее целесообразным направлением этих региональных профилей является в основном широтное направление.

Необходимо также проведение глубоких наклонных поисковых скважин с целью выявления среди железистых кварцитов залежей богатых железных руд, залегающих в благоприятных горнотехнических условиях.

Проектная глубина этих наклонных поисковых скважин должна определяться на основе учета мощности железистых кварцитов, их угла наклона и мощности покрывающих пород; представляется, что в среднем она может быть равна или даже может превышать 350—500 м. При мощности покрывающих пород в 60—150 м и при указанной глубине скважин они смогут пройти по толще железистых кварцитов 250—300 м (а иногда и войти в толщу вмещающих кварциты пород — кристаллических сланцев докембрия).

При проходке наклонных поисковых буровых скважин, располагающихся вкрест простирания полос железистых кварцитов, необходимо стремиться обеспечивать подсечение железистых кварцитов на всю их мощность, ввиду того, что только при этом можно избежать пропуска слоев богатых руд, залегающих среди железистых кварцитов.

При составлении планов геологических исследований, поисковых и геологоразведочных работ и при их осуществлении на территории КМА следует иметь в виду, что главнейшей целью всех этих работ является выявление значительных запасов богатых железных руд и железистых кварцитов, которые смогли бы уже в ближайшее время стать серьезной сырьевой базой для развития промышленной добычи руд и кварцитов. Особенно важным и первоочередным надо считать нахождение и изучение таких залежей руд и кварцитов, на которых сможет быть развернута открытая их добыча в достаточно крупных масштабах.

В этом отношении может быть рекомендована постановка широких поисковых и геологоразведочных работ с проходкой разведочных буровых скважин, в первую очередь на участках слабых магнитных и высоких гравитационных аномалий и на участках широких узлов магнитных аномалий. Материалы ранее проведенных исследований подтверждают, что в пределах развития узлов магнитных аномалий на Курской магнитной аномалии могут быть выявлены на больших площадях наиболее крупные залежи богатых железных руд, так как в этих местах, ввиду наличия интенсивной складчатости, могут образовываться многократные выходы (повторения) пласта железистых кварцитов. На этом общем фоне центральной задачи геологического изучения КМА возникает ряд более частных задач.

В результате проведения работ по изучению стратиграфии и структуры докембрия, развития исследований по изучению генезиса железных руд и железистых кварцитов может быть облегчено решение вопроса о нахождении в районе Курской магнитной аномалии крупных месторождений богатых железных руд, залегающих в благоприятных горнотехнических и гидрогеологических условиях.

С этой целью перед поисками богатых руд на рудных участках можно рекомендовать проведение исследований по выявлению трещиноватых и брекчированных зон среди остаточных железных руд площадного типа коры выветривания. Эти зоны могут служить в качестве вспомогательного поискового признака на остаточные богатые руды, уходящие на большую глубину среди железистых кварцитов. В целях выявления таких зон следовало бы, в частности, провести соответствующее контрольное изучение кернов остаточных руд по всем тем буровым скважинам, которыми вскрыты богатые руды на тех или иных рудных участках КМА.

В целях выявления залежей немагнитых (гематитовых) разностей железистых кварцитов необходимо пройти линии буровых скважин вдоль полос аномалий, отличающихся минимальными напряжениями; проходка этих скважин сможет дать материалы для изучения природы таких аномалий.

Следует предусмотреть также проведение исследований в целях изучения природы магнитных аномалий, расположенных несколько изолированно, т. е. вне основных крупных полос магнитных аномалий.

Изучение геологии и уточнение гидрогеологических характеристик осадочных толщ, выделенных в зонах основных аномалий, позволит установить, какая из этих зон может быть наиболее перспективной по железу. Наряду с этим должно быть уточнено строение рельефа кристаллического фундамента и выявлены закономерности распределения на нем (на его различных уровнях) разных типов осадочных (переотложенных) руд.

Должно быть начато и развернуто систематическое изучение физико-механических свойств горных пород докембрия и других пород, характерных для бассейна Курской магнитной аномалии. Материалы этих исследований должны позволить лучше разрешать вопросы тектоники и генезиса месторождений (трещинная тектоника, механика деформации горных пород, процессы гипогенного рудообразования и выветривания, явления метасоматоза, магматизма и пр.). Результаты этих работ весьма необходимы также для более правильного решения многих горнотехнических задач при выборе наиболее целесообразной для данных условий системы разработки, при определении устойчивости целиков и, следовательно, при уточнении их размеров, при выборе методики буро-взрывных работ, технологии дробления и выпуска руды и т. п. На материалах этих исследований сможет быть основана научная классификация горных пород района КМА по их буримости и взрываемости.

Весьма актуальными являются исследования по комплексному изучению в районе Курской магнитной аномалии надрудной толщи, в первую очередь ее стратиграфии и тектоники. На основе изучения надрудной толщи в бассейне КМА должны быть развернуты комплексные поисково-разведочные работы по выявлению месторождений различных других полезных ископаемых (кроме железных руд): углей, бокситов, фосфоритов, строительных материалов, природных минеральных красок, флюсов, огнеупорных и керамических глин, формовочных земель и др. Кроме того, должны быть проверены возможности нахождения на территории КМА нефти и природных газов.

Изучение гидрогеологических условий бассейна КМА имеет особо важное значение. Оно связано с тем, что еще в довоенные годы, в начальный период работ по подготовке промышленного освоения КМА, произошла серьезная авария на опытном руднике им. И. М. Губкина, на котором уже были начаты эксплуатационные работы. В этот период объектом добычи являлись богатые железные руды, залежи которых расположены в верхних горизонтах толщи железистых кварцитов, непосредственно под водоносными слоями осадочных толщ девона, юры и мела.

Авария эта произошла вследствие того, что по тектоническим трещинам из верхних водоносных горизонтов в очистные выработки проникла вода и промыла эти трещины настолько, что вместе с водой прорвались тонкопесчаные плывунные массы, залившие выработки. Рудник им. И. М. Губкина оказался фактически затопленным. При его восстановлении в послевоенные годы было принято решение углубиться значительно ниже, с тем чтобы залежи богатых руд, расположенных под пластами водоносных осадочных пород и плывунов, остались в виде защитного слоя и, кроме того, чтобы под этим слоем был сохранен достаточно мощный слой железистых кварцитов в качестве дополнительного предохранительного целика, расположенного непосредственно над горными выработками.

В настоящее время очистные работы на руднике им. И. М. Губкина ведутся на глубине 200—220 м. Шахтные стволы рудника, прорезающие водоносные и другие нижележащие толщи пород до глубины рабочего горизонта, защищены от возможностей прорыва подземных вод сложной системой крепления — чугунными тюбинговыми кольцами со специальной гидроизоляцией, мощной цементной заливкой и пр. Проходка шахтных стволов осуществляется с применением системы замораживания.

В связи с происшедшей на руднике им. И. М. Губкина аварией сложилось некоторое предвзятое представление о наличии каких-то особых трудностей в постановке на КМА горноэксплуатационных работ ввиду якобы весьма повышенной обводненности района КМА. Это неправильное, вредное для дела освоения КМА представление сказывалось весьма отрицательно и на работах по восстановлению и пуску опытного рудника и, в особенности, при проектировании и подготовке строительства опытного карьера для открытой добычи руд Лебединского месторождения.

Вопрос об организации добычи богатых руд в условиях КМА открытым способом является первоочередным, так как при проведении открытых работ большого масштаба может быть достигнуто следующее.

1. Организована массовая добыча той части богатых железных руд, которая залегает на сравнительно небольших глубинах — в пределах 100—120 м.

2. Обеспечено полное извлечение всей или почти всей рудной массы (богатых железных руд или железистых кварцитов), тогда как в настоящее время на опытном руднике им. И. М. Губкина только меньшая часть железистых кварцитов выдается из очистных выработок «на гора́» и затем поступает на обогатительную фабрику, а бо́льшая часть остается на месте в межкамерных блоках, в междуэтажных предохранительных целиках и т. п. На основе отмеченной выше особой настороженности в отношении сильной обводненности бассейна КМА, в настоящее время мощность межкамерных блоков и предохранительных целиков и других защитных объектов, образуемых из рудной массы железистых кварцитов, принимается чрезмерно большой. Таким образом, в условиях подземной добычи бо́льшая часть массы железистых кварцитов остается в недрах и лишь меньшая ее часть извлекается на поверхность в качестве рудной массы.

3. В условиях мощного открытого карьера может осуществляться применение массовых взрывов на выброс раздельно — покрывающих осадочных толщ и рудной массы богатых железных руд или железистых кварцитов.

4. При открытых работах значительно легче, чем в условиях подземных работ, могут быть обеспечены более хорошие условия труда горняков и в первую очередь лучше смогут проводиться мероприятия по предохранению от заболеваний силикозом и пр.

5. Удельные капиталовложения при открытых работах, как правило, смогут быть значительно более низкими, чем при подземной добыче руд.

Все изложенное сможет, несомненно, существенно способствовать значительному снижению себестоимости руды. Это имеет особенно серьезное значение в отношении железистых кварцитов ввиду сравнительно низкого среднего содержания в них железа.

Таким образом, переход на открытую добычу богатых руд и особенно железистых кварцитов в районе КМА (наряду с другими мероприятиями) должен будет обеспечить значительное изменение экономики горнорудного производства в этом районе, что выразится в существенном снижении себестоимости 1 т рудного агломерата, получаемого из железистых кварцитов КМА.

Несмотря на всю серьезность значения вопроса об организации в условиях КМА открытой добычи руды в достаточно крупных масштабах, разрешение его затянулось на недопустимо длительный срок.

Одной из основных причин задержки в разрешении этого основного вопроса промышленного освоения КМА являются затянувшиеся споры между проектировщиками, геологами, гидрогеологами и горняками о возможных условиях работы на КМА будущих мощных карьеров, о наивыгоднейших углах откосов их стенок, о возможном поведении в условиях эксплуатации таких карьеров различных пород, в первую очередь водоносных толщ, плывунных слоев и т. п. Иногда эти споры принимают беспредметный, отвлеченный характер, особенно это касается вопросов уточнения расчетных коэффициентов и различных данных относительно притока грунтовых вод в карьер, которые должны быть приняты при проектировании опытного карьера, строительство которого намечено на Лебединском месторождении. Между тем, основная задача и заключается как раз в том, чтобы в процессе работы опытного карьера были получены различные расчетные коэффициенты и выяснены все другие данные, необходимые для проектирования и строительства мощных карьеров для массовой открытой добычи в условиях КМА богатых железных руд и железистых кварцитов.

Таким образом, чем быстрее будет построен и пущен в пробную эксплуатацию опытный карьер на Лебединском месторождении, а возможно и на Веретенинском участке Михайловского района, тем скорее закончатся споры о применении открытой добычи на КМА.

При проектировании, строительстве и пробной эксплуатации опытного карьера необходимо полностью использовать богатейший опыт, накопленный за последние годы при строительстве таких грандиозных сооружений, как Волго-Донской канал им. В. И. Ленина, Куйбышевская и Сталинградская гидроцентрали и др., где были построены весьма крупные котлованы в условиях, не менее трудных по гидрогеологическому режиму и другим моментам, чем условия строительства и работы будущего опытного карьера на Лебединском или Веретенинском участках Курской магнитной аномалии.

Работники Института горного дела АН СССР предлагают включить в план работ Института научно-исследовательские работы по изучению

вопросов, связанных с применением опытных работ в условиях КМА, лабораторным путем, на моделях.

Такие исследования необходимы и они обязательно должны быть поставлены в Институте горного дела АН СССР и на горногеологической станции этого Института, расположенной на руднике им. И. М. Губкина. Однако ждать результатов опытных работ нельзя: этим можно сорвать дело осуществления открытой добычи руд на КМА в ближайшие годы. Надо в самый короткий срок построить на КМА опытный карьер и на основе его работы получить все данные, необходимые для осуществления создания на КМА серии мощных карьеров для массовой добычи богатых руд и железистых кварцитов КМА в крупных масштабах.

Одной из основных причин возникновения затянувшихся споров о гидрогеологических условиях КМА является недостаточная изученность района КМА в отношении гидрогеологии.

Предварительные исследования по изучению гидрогеологических условий на всей обширной площади территории Европейской части Советского Союза, в центре которой расположен бассейн КМА, были начаты только в самый последний период Лабораторией гидрогеологических проблем АН СССР.

Необходимо значительно расширить исследования по этой теме с привлечением к ее разработке ряда институтов и лабораторий АН СССР и ведомственных научных учреждений. Кроме того, необходимо усилить работы ВСЕГИНГЕО, который ведет гидрогеологические исследования на КМА.

Планы и программы широких гидрогеологических исследований должны быть комплексно увязаны с планами и программами геофизических и геологических исследований и должны составлять единое целое.

В частности, в планах общих работ по широкому гидрологическому и гидрогеологическому изучению данной территории СССР необходимо предусмотреть общее изучение режима рек, озер и других естественных и искусственных водных объектов, имеющихся на данной территории, режима подземных вод и пр. На основе и с учетом результатов этих исследований должны быть развернуты широкие, комплексные исследования по изучению гидрогеологии в районах конкретных железорудных участков КМА и в первую очередь на тех, на которых уже ведутся опытно-эксплуатационные работы или начата подготовка к ним.

В качестве одного из приемов в методике проведения такого изучения отдельных объектов можно, на основе опыта нефтяной промышленности в подобных условиях, рекомендовать изготовление гидрогеологических макетов отдельных первоочередных микрорайонов.

Одним из первоочередных объектов таких исследований должен явиться район Лебединского месторождения, на котором намечено создание первого опытного карьера.

Предварительное изучение этого объекта уже проводилось ВСЕГИНГЕО. По материалам работ этого Института, доложенным на совещании, проведенном Постоянной комиссией по железу СОПСА АН СССР по проблеме КМА, отмечалось, что на основе имеющихся результатов, полученных при проведении опорного водопонижения в надрудной толще в районе Лебединского месторождения, установлено, что по гидрогеологическим и техническим условиям возможно обеспечить такое осушение надрудной толщи, которое будет вполне достаточным для осуществления добычи богатых руд открытым способом. К такому же выводу пришли и работники «Фундаментпроекта» при разработке проектного задания на проектирование опытного карьера для открытой разработки Лебединского месторождения.

Все еще недостаточно изучены в условиях Лебединского месторождения: а) физико-механические свойства рудных масс богатых руд и вмещающих пород и б) поведение горных пород в откосах надрудной и рудной толщ в условиях подготовки (в период осушения надрудной толщи и во время проведения вскрышных работ) и при эксплуатации опытного Лебединского карьера.

Как уже отмечалось, часть не изученных еще вопросов, связанных с проведением гидрогеологических исследований, может быть разрешена в последующий период опытной эксплуатации Лебединского карьера.

Лебединское месторождение явилось основным объектом, на котором в последние годы велись гидрогеологические исследовательские работы, однако общая гидрогеологическая и на ее основе инженерно-геологическая характеристика всего района КМА в целом все еще изучены недостаточно.

В то же время следует отметить, что в итоге работ по геологическому изучению района КМА, хотя и далеко не полному, установлено, что наряду с уже осваиваемым Коробковским (рудник им. И. М. Губкина) и подготавливаемым к освоению Лебединским участками, в районе КМА имеются и другие участки богатых руд и железистых кварцитов, в которых условия залегания рудных залежей являются более благоприятными для развертывания на них эксплуатационных работ, чем на Коробковском участке. К таким участкам следует отнести Веретенинский рудный участок в Михайловском районе.

Участки, подобные Веретенинскому, должны в возможно более короткие сроки стать первоочередными объектами подготовки к эксплуатации.

В связи с этим в сводном плане геофизических, геологических и гидрогеологических исследований на КМА в разделе гидрогеологии и инженерной геологии должно быть предусмотрено следующее.

1. Проведение сбора и изучения гидрогеологических и инженерно-геологических данных, накопленных за последние 20—25 лет по железорудным участкам КМА, на опыте выполненных работ по бурению на воду, при проходке артезианских скважин, наблюдению за водным режимом колодцев и т. п.

2. Проходка специальных гидрогеологических и инженерно-геологических скважин в пунктах, представляющих особый интерес для регионального освещения вопросов гидрогеологии и инженерной геологии.

3. Проведение работ по разбуриванию на КМА структурных профилей специально для постановки на всех скважинах этих профилей гидрогеологических наблюдений, а на отдельных скважинах — опытных гидрогеологических работ для изучения литологического состава, тектоники протерозоя и связанных с ними характера и степени обводненности толщ железистых кварцитов.

4. Обязательное использование структурных скважин, которые могут быть заложены в пунктах, представляющих интерес для геологического изучения данного района.

5. Осуществление тщательного изучения, одновременно с проведением геологоразведочных работ, также и гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районе разведочных работ, с использованием в этих целях разведочных скважин; не исключается, конечно, в ряде случаев и необходимость проходки специально гидрогеологических и инженерно-геологических скважин, а также организации на их основе специальных опытных узлов.

6. Совершенно обязательная организация гидрогеологической службы для систематического проведения гидрогеологических наблюдений на

действующих опытных и подготавливаемых к пуску основных горнопромышленных предприятиях — рудниках и карьерах.

7. На всех участках, на которых проводятся детально разведочные работы с проходкой разведочных горных выработок, в горных выработках на опытном руднике им. И. М. Губкина и во всех других местах проведения горных работ следует тщательно изучать дизъюнктивные нарушения в докембрийских образованиях.

8. Организация специальных опытных работ по изучению зон повышенного водопоглощения, выявленных в районе Старооскольской группы.

9. Постановка научных работ по изучению возможной роли палеогидрогеологии в образовании месторождений богатых железных руд в условиях КМА.

Некоторые вопросы заслуживают постановки и изучения в части методологии проведения гидрогеологических работ и их аппаратурного оформления. В этой части следует отметить в первую очередь необходимость постановки исследований по испытанию в условиях КМА приемов ведения работ, применяемых при строительстве и использовании больших котлованов на крупнейших советских гидростроительствах. К ним относятся испытания, например, в условиях Лебединского месторождения:

а) работы глубинных иглофильтров;

б) применения электродренажа;

в) методов укрепления юрских пород (в частности, целесообразности применения ряжевых перемычек и пр.), а также разработки для данных условий эффективных методов осушения водоносных рыхлых богатых руд и пр.;

г) использование гидромониторов и земснарядов при вскрышных и эксплуатационных работах.

К этой же группе вопросов относятся работы (уже начатые в настоящее время) по разработке и усовершенствованию приборов, при помощи которых могли бы вестись определения водоносности и водопроницаемости кварцитов непосредственно в буровых скважинах одновременно с разведочными работами. Кроме того, должна быть разработана методика проведения таких определений и необходимо опробование аппаратуры.

В программах работ постоянной гидрогеологической службы на действующих горных предприятиях должны предусматриваться в первую очередь следующие работы:

а) уточнение характера и степени обводненности рудных залежей и вмещающих пород, вскрываемых горными выработками;

б) изучение режима подземных вод в условиях горных работ (т. е. «нарушенного» режима подземных вод);

в) разработка возможностей обоснования прогнозов водопритоков в горные выработки в процессе ведения горных работ и составление прогнозов по участкам возможных прорывов подземных вод в горные выработки, установление методов наблюдения за осуществлением мероприятий по предохранению горных выработок от прорывов в них подземных вод.

ВОПРОСЫ ГОРНОЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Эти вопросы должны решаться с учетом особенностей геологических и гидрогеологических условий отдельных рудных участков и всего бассейна КМА; правильное разрешение этих вопросов окажет значительное влияние на темпы, сроки и масштабы промышленного освоения железорудных ресурсов бассейна КМА. Особое значение приобретает вопрос применения в широких масштабах открытых горных работ при добыче богатых руд и железистых кварцитов.

Разрешение горноэксплуатационных вопросов в первую очередь зависит от правильного выбора наиболее эффективных и экономичных систем разработок как для открытой, так и для подземной добычи богатых руд и железистых кварцитов. Эти вопросы должны быть основными в проблеме освоения КМА, в программе работ Института горного дела АН СССР и его Горно-геологической станции, работающей на КМА.

В процессе работы опытного рудника уже добыты значительные количества рудной массы (железистых кварцитов), прошедшей затем через опытную обогатительную фабрику, концентраты с которой поступают на агломерационную установку для получения из них доменного агломерата. Уже за послевоенные годы, после восстановления и пуска рудника в эксплуатацию, накоплен обширный опыт ведения горных работ в условиях Коробковского месторождения КМА. Опыт этот представляет большой научный и практический интерес.

К сожалению, результаты опытных работ все еще по-настоящему не изучены и не обобщены. Работники опытного рудника не получают пока еще в этом отношении достаточно серьезной помощи ни от отраслевых ведомственных научных и проектных организаций, ни от научных учреждений АН СССР.

Надо отметить и другое, еще более неприятное обстоятельство: опытные предприятия, действующие на КМА (рудник, обогатительная и агломерационная фабрика), постепенно начинают превращаться в системе Министерства черной металлургии в рядовые, обычные производственные предприятия, основная задача которых начинает сводиться к выполнению и перевыполнению плановых заданий — месячных, годовых и пр. — по добыче руды (железистых кварцитов), ее обогащению и выдаче доменного агломерата.

За последние годы опытные предприятия на КМА успешно выполняют свои плановые производственные задания. Но вряд ли можно считать правильным, полезным для дела освоения КМА это превращение опытных предприятий в мелкие производственные единицы. Между тем, всякая задержка в изучении и разрешении научных и научно-технических вопросов, связанных с проблемой освоения КМА, срывает и задерживает работу по подготовке создания на КМА мощных горнорудных предприятий, а следовательно, и металлургических заводов по переработке рудного сырья КМА.

В последний период научная помощь коллективу работников опытного рудника им. И. М. Губкина несколько усилилась, но все еще совершенно недостаточна. Опытная горно-геологическая станция АН СССР, находящаяся на территории рудника, была передана в систему Института горного дела АН СССР. Ряд крупных ученых и научных работников, являющихся ведущими специалистами в отдельных областях горного дела, вновь активно участвуют в работах по КМА. Деятельность Горно-геологической станции по некоторым вопросам активизировалась. Усилилось внимание к делу научной помощи опытным предприятиям КМА со стороны научных учреждений АН СССР: Института горного дела, Института геологических наук, Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского, Совета по изучению производительных сил АН СССР и др. Но этот сдвиг все еще очень недостаточный.

Отдельные научные учреждения АН СССР, работа которых могла бы быть полезной при разрешении проблемы освоения КМА, совсем еще не привлечены к участию в научной помощи по этой проблеме. К ним надо отнести, например, Лабораторию геологии докембрия, Отдел по изучению четвертичного периода и др.

Основными задачами, которые должны занимать ведущее место в программе работ опытного рудника им. И. М. Губкина, являются следующие:

а) изучение и выбор систем разработок, наиболее приемлемых для геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий КМА, наиболее эффективных при разработке таких горных пород, как железистые кварциты КМА, обеспечивающих при этом наиболее полную выдачу их на поверхность;

б) разработка наиболее рациональных в условиях КМА приемов ведения буро-взрывных работ при проведении эксплуатационных горнопроходческих работ при подземной добыче богатых руд и железистых кварцитов;

в) проведение исследований по опробованию в условиях КМА термического способа проходки скважин;

г) разработка и опробование новых горнопроходческих машин и механизмов, наиболее пригодных в особых условиях КМА (наличие плывунных образований, высокая обводненность некоторых участков, повышенная крепость рудных и вмещающих пород и пр.);

д) усовершенствование методики дробления железистых кварцитов; изучение и опробование дробильной аппаратуры;

е) разработка и проверка при длительной работе системы мероприятий по борьбе с запыленностью горных выработок, по предупреждению заболеваний силикозом, особенно в условиях подземной добычи железистых кварцитов.

ОБОГАЩЕНИЕ РУДНОГО СЫРЬЯ КМА И ПОДГОТОВКА ЕГО К ПЛАВКЕ

Технологическая схема обогащения железистых кварцитов КМА была в основном разработана и опробована коллективом Механобра. На основе этой схемы при участии и под руководством научных сотрудников Механобра спроектирована, построена и пущена в работу опытная обогатительная фабрика. Выдаваемая на шахтах опытного рудника им. И. М. Губкина рудная масса поступает на обогатительную фабрику непосредственно от скиповых подъемников. После многочисленных процессов обработки рудной массы (измельчения, просеивания — сортировки по крупности, магнитной сепарации и пр.) рудный концентрат направляется на опытную агломерационную установку для агломерации.

Опытные партии агломерата отгружаются на металлургические заводы (Липецкий, Тульский, Магнитогорский и др.) для опробования в доменной плавке. Ввиду большой чистоты исходной рудной массы (железистых кварцитов) по загрязняющим примесям — сере и фосфору — чистота получаемого агломерата является также достаточно высокой. При высоком среднем содержании железа механические качества агломерата оказываются полностью соответствующими стандартам.

Вполне естественно, что работники металлургических заводов весьма охотно принимают опытные партии рудного агломерата КМА. Были даже случаи нареканий со стороны руководства отдельных заводов на то, что руководители опытного рудника им. И. М. Губкина не берут на себя обязательств о регулярных поставках на заводы рудного агломерата из железистых кварцитов КМА в достаточно крупных количествах.

Таким образом, вопрос о возможностях промышленного использования агломерата КМА сможет разрешиться без особых трудностей.

Необходимо значительно увеличить масштабы производства агломерата КМА и возможно более значительно снизить его себестоимость.

Решающими факторами снижения себестоимости агломерата КМА можно считать следующие.

1. Значительное увеличение масштабов производства в целом по району КМА и в особенности по отдельным предприятиям как в части богатых руд, так и железистых кварцитов.

2. Правильный выбор мест расположения крупных промышленных предприятий КМА по добыче рудного сырья, его обогащению и подготовке к плавке в отношении оптимально благоприятных местных условий: геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и других.

В этом отношении, как выясняется, выбор Коробковского месторождения для размещения на нем первых опытных предприятий — рудника им. И. М. Губкина и прочих — нельзя назвать удачным, так как все перечисленные местные условия являются достаточно сложными для развертывания на нем горноэксплуатационных работ. С другой стороны, пожалуй, можно считать положительным факт проведения опытных работ в наиболее трудных и сложных условиях по сравнению с теми, в которых придется осуществлять в дальнейшем крупные промышленно-эксплуатационные работы.

3. Развертывание в значительных масштабах добычи богатых руд и железистых кварцитов методами открытой разработки месторождений.

4. Применение на тех или иных стадиях процессов добычи и переработки рудного сырья КМА новых, более совершенных и простых технологических методов и приемов работы.

В части, например, металлургического передела представляется весьма желательным испытание возможности переработки железистых кварцитов во вращающихся трубчатых печах с получением железной крицы. В случае удачного разрешения этой задачи были бы значительно упрощены процессы дробления кварцитов, полностью могла бы отпасть или весьма сократиться такая сложная и дорогая операция, как обогащение железистых кварцитов.

5. Дальнейшее усовершенствование и упрощение технологических методов, процессов и приемов работы, применяемых на действующих опытных предприятиях.

В отношении обогащения руд и кварцитов основным требованием является повышение выхода концентрата, дальнейшее снижение потерь железа в хвостах при одновременном упрощении технологической схемы процессов обогащения. Нужна дальнейшая регулировка работы аппаратуры и механизмов опытной обогатительной фабрики и отработка наиболее усовершенствованных приемов их использования. В качестве примера необходимости такой отработки можно указать на работу первой же аппаратурной цепи обогатительной фабрики-дробилки крупного дробления. Часто имели место случаи поступления из забоя через скиповый подъемник на обогатительную фабрику рудной массы, состоящей из крупных кусков железистых кварцитов, смешанных с тонкой, илистой кашицеобразной массой мелочи. При загрузке такой рудной массы в дробилку крупного дробления последняя быстро забивалась илистой массой, обволакивающей крупные куски, «захлебывалась», илистая масса начинала вываливаться на площадку этого дробильного отделения, загрязнять его и дробилку приходилось останавливать для чистки. Естественно, что при механизации выдачи рудной массы из забоя трудно осуществлять в забое раздельную выемку и выдачу мелкой илистой и крупнокусковой рудной массы. Проще предусмотреть разделение (хотя

бы отмывкой на грохотах и пр.) илистой и кусковой массы перед дробилкой крупного дробления, загружать последнюю только крупнокусковой массой, а илистую массу направлять непосредственно туда, где происходит обработка тонко измельченной рудной массы. Это частный (хотя и не единственный) случай имеющихся в работе опытной обогатительной фабрики неполадок. Все такие неполадки легко устранимы в процессе освоения технологии обогащения железистых кварцитов на опытной обогатительной фабрике и при отрегулировании работы ее аппаратов, механизмов и устройств.

Наряду с этим необходимо провести мероприятия, от которых зависит дальнейшее улучшение использования рудного сырья КМА. К ним можно отнести:

а) продолжение изучения обогатимости отдельных разновидностей руд, в особенности тех, которые обнаруживаются в процессе проведения разведочных работ на новых местах; уточнение в процессе этих исследований схемы флотации гематита, а также сидерита (и других карбонатных минералов) с отделением железистых силикатов и безрудных кварцитов;

б) расширение работ по изучению оптимальных схем обогащения железнослюдковых и мартитизированных (окисленных) разностей железистых кварцитов КМА;

в) испытание применимости методов высокочастотной отсадки и аппаратуры для ее осуществления в целях извлечения слабомагнитных железосодержащих минералов из хвостов магнитной сепарации;

г) дальнейшие испытания по определению обогатимости магнетитовых кварцитов на пробах, поступающих с уже известных разведанных и с вновь выявленных участков, в первую очередь для уточнения применимости флотации при обогащении гематитовых кварцитов.

В целях проведения исследований по флотации на возможно более свежих пробах рудного сырья срочно должно быть закончено строительство и пущено в работу флотационное отделение, предусмотренное в проекте опытной обогатительной фабрики на опытном руднике им. И. М. Губкина. Специальные исследования должны вестить по применению дешламации, по изысканию и опробованию наиболее дешевых флотореагентов, в частности, при флотации гематита и сидерита. Способ обогащения флотацией впервые будет широко опробован для железных руд на опыте рудного сырья КМА.

Одной из актуальных задач в области изучения процесса агломерации рудного сырья КМА является разработка методики получения офлюсованного агломерата из агломерационной шихты, состоящей из мелких классов богатых руд (отсева) и концентратов, получаемых из железистых кварцитов с добавками мела. Последний имеется в районе КМА в весьма значительных количествах. Разработка условий применения этого мела позволит отказаться от использования в шихте дорогостоящих, дальнепривозных известняков. На основе изучения экономико-металлургических факторов и исследования механических качеств получаемого агломерата, прочности и стойкости его при перевозках, в условиях хранения и в процессе плавки должна быть уточнена оптимальная основность офлюсованного агломерата, определены расчетные данные для подсчета наиболее целесообразных количеств добавок мела.

Основной целевой установкой всех исследовательских работ в данном направлении является получение и уточнение тех материалов и показателей, которые будут необходимы при проектировании и строительстве крупных промышленных обогатительных и агломерационных фабрик для использования железорудного сырья КМА.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ РАЙОНА КМА

Одним из основных факторов, определяющих большое значение промышленного освоения природных ресурсов КМА, является расположение района КМА в центре хорошо обжитой, обладающей высокоразвитым народным хозяйством, при большой плотности населения, территории Европейской части СССР. Район КМА тяготеет к близко расположенным крупнейшим металлопотребляющим районам, таким как: Подмосковный, Тульский, Минский, Средне-Волжские — Горьковский, Куйбышевский, Саратовский, Сталинградский и др. Близко расположены также к району КМА отдельные действующие металлургические заводы, которые могут явиться крупными потребителями богатых руд, концентратов и агломерата КМА: Донецкие, Тульские, Липецкие и др.

В связи с этим весьма актуальным является проведение подсчетов по технико-экономическому обоснованию строительства в районе КМА или в том или ином соседнем с ним районе крупных металлургических заводов с полным производственным циклом и с весьма развитым ассортиментом продукции. Примерная мощность одного такого завода могла бы определиться в его первой очереди в 5—8 млн. т чугуна в год. В технико-экономических обоснованиях должны быть приведены сравнительные подсчеты показателей работы заводов в условиях КМА — на богатых рудах КМА, агломерате КМА, на криворожских, керченских и хоперских рудах, с выяснением перспектив металлопотребления, обеспечения заводов рабочей силой, топливом, местным вспомогательным сырьем — огнеупоры, мел и пр., местными строительными материалами, а также должна быть учтена обеспеченность района необходимыми продовольственными ресурсами и пр.

Технико-экономические подсчеты по обоснованию перспектив промышленного освоения природных ресурсов КМА должны проводиться комплексно, с учетом перспектив развития добычи рудного сырья на других крупных железорудных месторождениях Европейской части СССР и прилегающих к ней районов, развития производства и роста потребления всех видов черного металла (чугун, железо, сталь, литье, прокат во всем их ассортименте), добычи топлива и производства кокса и т. д.

При этих подсчетах, следовательно, должны полностью учитываться перспективные балансы добычи руд и топлива, получения кокса, выплавки металла (чугуна и стали) и производства проката с конкретным уточнением масштабов добычи сырья, производства и потребления кокса и металла по отдельным промышленным объектам. Промышленный район Курской магнитной аномалии должен найти в этих балансах свое место. При этих подсчетах должны быть уточнены все взаимосвязи отдельных районов, намечены оптимальные районы обслуживания продукцией данного района-производителя, например, по рудному сырью — Кривого Рога, Курской магнитной аномалии, Керченского, Зауральских рудных районов (Кустаная и др.); по топливу — Донбасса, Печорского бассейна, Кузбасса, Караганды и пр.

В этом отношении может представлять интерес проведение подсчетов, например, по какому-либо варианту совместного использования рудного сырья и агломерата КМА с коксом, получаемым из углей Печорского угольного бассейна.

Расположение промышленного предприятия, построенного по схеме совместного использования сырьевых ресурсов КМА и печорского кокса, может быть намечено в месте, наиболее удобном для встречи рудного сырья и агломерата КМА с печорскими коксующимися углями. Район расположения такого предприятия должен являться центром крупного

металлопотребления и должен быть обеспечен всеми видами вспомогательного металлургического сырья и материалов — флюсами, огнеупорами, водными ресурсами и местной рабочей силой.

Проектный институт Главкокса Министерства черной металлургии — Гипрококс — в предварительном варианте плана работ шестой пятилетки намечает строительство в районе Горького крупного коксо-газового завода для производства горючего газа и литейного (ваграночного) кокса из печорских углей. Представляется целесообразным проведение дополнительных сравнительных подсчетов по уточнению возможности строительства в Горьком намечаемого Гипрококсом коксо-газового завода и одновременно с ним или вместо него — постройки металлургического завода в районе Горького на базе рудного сырья КМА и кокса из печорских углей.

В этих условиях может быть могло бы оказаться целесообразным строительство двух металлургических заводов, работающих на базе сырьевых ресурсов КМА: одного в районе КМА, а другого — в районе Горького, связанных между собой по принципу «маятника» — руда (агломерат) — кокс.

Район Горького, конечно, не единственный, в отношении которого можно было бы провести подсчеты о создании в нем нового центра металлургического производства на базе сырьевых ресурсов КМА и печорских углей. Район Горького и ряд других мест (районы Казани, Куйбышева и др.), в которых мог бы быть расположен новый центр металлургического производства, связаны с районами сырья, топлива и с районами металлопотребления крупными водными артериями: реками Волга, Кама, Камско-Печорский водный путь, Волго-Донским каналом им. В. И. Ленина и другими, которые смогут обеспечивать осуществление достаточно большого грузооборота с центрами нашей страны.

Подготовка к созданию в районе КМА ряда крупных промышленных предприятий по использованию его сырьевых ресурсов: рудников, обогатительных фабрик металлургического завода, предприятий по добыче естественных строительных материалов, вспомогательного сырья и пр. потребует разработки комплексного плана промышленного и сельскохозяйственного развития района, взаимно согласованного по всем отраслям его народного хозяйства.

Разработка такого плана требует предварительного составления сводного плана научно-исследовательских, геофизических, поисковых, геологоразведочных, опытно-испытательных, проектно-расчетных и других работ.

Необходимо создание специального центра — междуведомственного комитета, располагающего соответствующими правами по контролю выполнения работ по сводному плану КМА, способного оказывать соответствующую помощь и содействие всем участникам выполнения плановых заданий по КМА, согласовывать выполнение всех очередных мероприятий. Этот орган должен иметь возможность рассматривать итоги выполнения работ по плану освоения КМА за отдельные периоды времени (полугодовые, годовые и др.), выносить решения об их оценке и представлять свои предложения о дальнейшем направлении работ по освоению КМА.

В заключение следует серьезно предостеречь против имеющих место попыток использования без всяких поправок показателей, получающихся на основе работы опытных предприятий КМА. Это особенно относится к определению себестоимости продукции этих предприятий — руды, концентрата и агломерата, которые будут получаться при работе крупных

промышленных предприятий КМА — рудников, обогатительных и агломерационных фабрик.

Механическое перенесение условий работы опытных предприятий на условия работы крупных промышленных предприятий может привести лишь к ошибкам и заблуждениям как в части фактических затрат материалов, производственных потерь и выходов продукции по стадиям производства, так и возможной себестоимости продукции опытного и крупного промышленного предприятия.

Должна усилиться научная помощь опытным предприятиям КМА.

Реорганизация опытной горно-геологической станции АН СССР, проведенные уже мероприятия по укреплению этой станции научными кадрами, усиление ее лабораторного оборудования, создание при Институте горного дела АН СССР специального Ученого совета по проблеме КМА являются первыми конкретными шагами в этом направлении. За ними должны последовать и другие достаточно существенные мероприятия.

И. С. ШАПИРО

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЦЕНТРА СССР

В директивах XIX съезда КПСС по пятому пятилетнему плану предусмотрено дальнейшее значительное увеличение выпуска чугуна, стали и проката, расширение сортамента и увеличение выпуска дефицитных видов проката, повышение качества металлургической продукции, рост производительности труда рабочих металлургической промышленности, снижение себестоимости продукции.

Директивы XIX съезда партии предусматривают также создание заделов в строительстве металлургических предприятий для обеспечения необходимого их дальнейшего развития в последующие годы. Основным направлением в металлургическом строительстве остается строительство мощных заводов и крупных агрегатов. Увеличение удельного веса крупных заводов и агрегатов — один из важных показателей технического прогресса металлургической промышленности СССР. Увеличение производства металла идет несколькими путями: во-первых, за счет дальнейшего улучшения работы действующих агрегатов и интенсификации их работы; во-вторых, за счет достройки начатых и расширения существующих заводов; наконец, в-третьих, за счет нового строительства металлургических заводов.

При осуществлении нового строительства обеспечивается, помимо увеличения производства металла, улучшение географического размещения промышленных предприятий, имея в виду дальнейшее приближение промышленности к источникам сырья и топлива с целью ликвидации нерациональных и чрезмерно дальних перевозок.

Равномерное размещение промышленности устраняет существовавшее ранее деление страны на районы промышленные и сельскохозяйственные, производящие и потребляющие и сводит до минимума нерациональные дальние перевозки.

Намеченный на 1951—1955 гг. прирост выплавки чугуна на 76% и стали на 62% превышает прирост производства черных металлов за период с 1928 по 1940 г. более чем на 20%.

В 1952 г. в СССР произведено 25 млн. т чугуна и 35 млн. т стали, в 1953 г. выплавка стали составила 38 млн. т.

В 1955 г. производство черных металлов в СССР будет более чем в 10 раз превышать уровень производства 1928 г.

В ближайшие годы, после завершения пятой пятилетки, встанет вопрос реализации задачи: ежегодно выплавлять 50 млн. т чугуна и 60 млн. т стали.

Указанный объем выплавки чугуна и стали будет достигнут в шестом пятилетии, т. е. до 1960 г. Для достижения этого уровня производства потребуется закончить реконструкцию действующих заводов и построить

новые: Череповецкий, Орско-Халиловский металлургический комбинат, Закавказский и Бакинский заводы. Частично должны быть введены в действие Карагандинский и Западно-Сибирский металлургические заводы. Ввод в действие вторых очередей заводов «Азовсталь», Криворожского и Ново-Тагильского позволяет обеспечить в СССР выплавку чугуна и стали в значительно большем масштабе, чем было намечено.

Чтобы правильно наметить развитие черной металлургии, необходима разработка перспективного плана этой отрасли на достаточно длительный промежуток времени. Уже в настоящее время назрела настоятельная необходимость разработки такого плана развития черной металлургии СССР на ближайшие 15 лет.

Если темпы прироста выплавки металла, достигнутые за послевоенные годы, останутся неизменными на предстоящие пятилетия, то в Советском Союзе к 1970 г. должно выплавляться около 100 млн. т чугуна и около 130 млн. т стали. При выплавке указанного количества чугуна и стали СССР прочно займет первое место в мире по масштабам производства черных металлов.

Для достижения такого объема производства необходимо запроектировать и построить около 20 новых металлургических заводов, добывать около 500 млн. т железной руды или около 250 млн. т в подготовленном виде, для чего необходимо развить до проектной производительности все действующие рудники и рудоподготовительные предприятия и освоить многие новые крупные железорудные месторождения. Так, должны быть вовлечены в эксплуатацию Енское и Оленегорское месторождения, Курская магнитная аномалия, Кустанайские месторождения магнетитовых железных руд (Соколовское, Сарбайское, Качарское) и бурых железняков (Аятское и Лисаковское), Качканарское месторождение титаномагнетитовых руд, Ангаро-Питский железорудный район (Нижнеангарское и Ишимбинское месторождения) Ангаро-Илимский район (Коршуновское и Рудногорское), новые месторождения Горной Шории и Абакано-Минусинского района, Кимканское, Гаринское, Алданское, Дашкесанское и другие месторождения.

Освоение новых железорудных баз и строительство новых металлургических заводов потребуют огромных капитальных вложений, ориентировочно оцениваемых около 300 млрд. рублей.

В этой связи представляется необходимым выяснить возможности развития черной металлургии в наиболее развитом в промышленном отношении Центральном районе Советского Союза, районе, потребность которого в металле является весьма высокой, идущей непосредственно за потребностью районов Юга СССР.

В соответствии с социалистическими принципами размещения промышленности СССР, развитие металлургии в Центре на базе эффективного использования богатых железных руд и железистых кварцитов Курской магнитной аномалии, ресурсы которых практически неисчерпаемы, будет иметь большое народнохозяйственное значение. Широкое использование железорудных ресурсов Курской магнитной аномалии создает предпосылки также и для промышленного развития черноземной части Центра, которая до настоящего времени значительно отстает от Промышленного Центра.

Положение Центра определяется самим его названием. При экономическом районировании в перспективных планах развития черной металлургии и металлопотребления народного хозяйства к Центральному району относится обычно район Европейской части СССР, который, в свою очередь, разбивается на две части: северную — Промышленный

Центр и южную — Черноземный Центр, с пятью близлежащими областями.

По административному делению Центральный район распадается на 16 областей: Московскую, Владимирскую, Ивановскую, Ярославскую, Костромскую, Рязанскую, Тульскую, Тамбовскую, Орловскую, Курскую, Воронежскую, Калининскую, Смоленскую, Калужскую, Брянскую и Пензенскую.

В настоящее время металла в пределах Центра производится мало. Металлургия Центра представлена четырьмя доменными заводами, двумя передельными металлургическими заводами и «малой металлургией» на машиностроительных заводах.

В сортаменте проката заводов Центра преобладает качественный прокат.

Железорудной базой металлургических заводов Центра являются руды Липецкого и Тульского месторождений и Курской магнитной аномалии. Запасы тульских и липецких руд ограничены. В настоящее время доменные заводы Центра частично работают на криворожской железной руде. Все доменные заводы работают на коксе из донецких углей. Передельные металлургические заводы и малая металлургия в значительной мере базируются на ломе местной машиностроительной и другой металлообрабатывающей промышленности. Доменные заводы Центра выплавляют в основном литейный чугун, а снабжение заводов передельным чугуном осуществляется с южных заводов.

Металлургическая промышленность Центра в настоящее время представлена следующими предприятиями.

Косогорский завод

На заводе работают три доменные печи: две полезным объемом по 365 м³ и одна полезным объемом 697 м³. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в 1953 г. составила 555 тыс. т.

В перспективе состав доменного цеха остается без изменений; выплавка чугуна увеличивается до 600 тыс. т в пересчете на передельный.

В соответствии с решением Правительства, на заводе должны быть введены в действие цех фитингов и цех фасонных частей.

Новотульский завод

На заводе работают две доменные печи полезным объемом 333 и 930 м³. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в 1953 г. составила 485 тыс. т.

По проекту Новотульский завод приобретает характер опытного металлургического завода, на котором сосредоточиваются экспериментальные процессы и агрегаты. Одновременно с опытным характером завода в целом некоторые цехи сохраняют свое промышленное значение. Такой характер имеет доменный цех, обе печи которого будут длительное время работать на дутье, обогащенном кислородом. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в перспективе составит до 800 тыс. т.

Сталеплавильный цех представляет собой чисто экспериментальную установку. Такой же характер имеет отделение по непрерывной разливке стали.

Цех порошков и кислородная станция являются промышленно-экспериментальными.

Создание экспериментальных цехов не предрешает вопроса о дальнейшем развитии завода и не закрывает возможностей для организации

на площади Новотульского завода металлургического производства в промышленных масштабах и, в частности, строительства завода с полным металлургическим циклом.

Железорудная база Новотульского и Косогорского заводов

Сырьевой базой Новотульского и Косогорского заводов являются Тульское железорудное месторождение, вблизи которого эти заводы расположены, руды Курской магнитной аномалии и пиритные огарки.

Тульское железорудное месторождение занимает территорию площадью в 1000 км². Железные руды этого месторождения представлены бурыми железняками, обособленные залежи которых разнообразны по площади, мощности и запасам. По условиям залегания и физико-химическим свойствам руды делятся на сплошные и вкрапленные.

По содержанию железа руды делятся на две группы: а) богатые — с содержанием железа выше 42% (а в среднем 47%), в эту группу попадают преимущественно сплошные руды; б) бедные — с содержанием железа 30—42%, к ним относятся главным образом вкрапленные руды. Среднее содержание железа в смеси богатых и бедных руд составит около 43%.

Тульские руды характеризуются повышенным содержанием фосфора, в среднем около 0,4—0,5%. Среднее содержание серы составляет 0,1%. Пустая порода в руде представлена преимущественно кремнеземом. Для тульских руд характерно высокое содержание гигроскопической влаги, в среднем 16%.

Балансовые запасы руд Тульского месторождения на 1 января 1954 г. составляют 71,6 млн. т по категории $A_2 + B + C_1$, в том числе 44,0 млн. т категорий $A_2 + B$. Кроме того, имеются забалансовые запасы в количестве 20,1 млн. т категорий $A_2 + B + C_1$, из них 2,8 млн. т категорий $A_2 + B$ и 12,6 млн. т категории C_2.

Тульские руды эксплуатируются подземным и частично открытым способом. Шахты обычно имеют мощность не больше 100 тыс. т.

Объем ежегодной добычи руд в перспективе, начиная с 1960 г., намечается около 800 тыс. т. Руда будет подвергаться мокрому обогащению по схеме, включающей промывку, мокрую магнитную сепарацию и флотацию.

Выход концентрата из сухой руды составит 83%, в том числе 35% кускового (75—10 мм) и 48% мелкого (10—0 мм) концентрата. Среднее содержание железа в кусковом концентрате равно 51%, в мелком концентрате — 47%.

Выход сухого концентрата составит около 600 тыс. т в год, из них около 250 тыс. т кускового концентрата, который идет непосредственно в доменную плавку, и около 350 тыс. т мелкого концентрата, подвергающегося агломерации. При использовании концентрата из обогащенных пиритных огарков после извлечения из них меди, серы, цинка и других компонентов в количестве 600 тыс. т в сухом весе, в результате агломерации мелкого концентрата тульских руд и пиритных огарков, будет получено 900 тыс. т агломерата с содержанием железа 55%.

Кусковый концентрат и агломерат из тульских руд и огарков обеспечивает потребность Новотульского и Косогорского заводов только на 50%.

Покрытие дефицита этих заводов в железной руде представляется целесообразным за счет руд Курской магнитной аномалии вместо ранее намечавшихся криворожских руд. Для покрытия дефицита потребуется завоз подготовленной руды или агломерата из железистых кварцитов КМА около 1000 тыс. т в год.

Завод «Свободный Сокол»

На заводе работает доменный цех в составе двух печей полезным объемом 700 и 600 м³ и цех чугунных труб. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в 1953 г. составила 470 тыс. т. В перспективе выплавка чугуна в пересчете на передельный увеличивается до 600 тыс. т.

По постановлению Правительства, в 1954 г. на заводе должен быть пущен цех печного и хозяйственного литья, продукция которого предназначается для широкого рынка.

Новолипецкий завод

На заводе работает доменный цех в составе двух печей полезным объемом по 1000 м³. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в 1953 г. составила 725 тыс. т.

В соответствии с постановлением Правительства, завод будет иметь полный металлургический цикл.

По утвержденному проекту в доменном цехе намечается сооружение двух новых доменных печей полезным объемом по 1386 м³. Выплавка чугуна в пересчете на передельный в перспективе на всех четырех печах составит 2500 тыс. т в год.

Мартеновский цех намечается в составе семи печей: четыре печи емкостью по 440 т и три печи по 220 т. Проектная производительность мартеновского цеха принята в 2000 тыс. т стали в год.

Электросталеплавильный цех запроектирован в составе трех электросталеплавильных печей емкостью по 65 т и годовой производительностью 350 тыс. т трансформаторной и динамной стали.

Прокатный цех (горячей прокатки) принят в следующем составе: блуминг 1450, балочный стан, листовой стан 2800 и полосовой стан. Цех холодной прокатки запроектирован мощностью в 200 тыс. т в год трансформаторных и динамных листов. Годовой выпуск готового проката по заводу составит 1700 тыс. т.

Железорудная база заводов «Свободный Сокол» и Новолипецкого

Железорудной базой заводов «Свободный Сокол» и Новолипецкого являются железорудные месторождения Курской магнитной аномалии и Липецкие железорудные месторождения.

Липецкие месторождения располагаются на территории Воронежской, Орловской и Рязанской областей и занимают площадь около 5000 км². Железные руды представлены преимущественно жеодистыми бурыми железняками. Руды залегают в виде обособленных залежей, гнезд и линз, крайне разнообразных по площадям, мощности и запасам.

Качество руд не постоянно и колеблется в широких пределах. При ориентации на эксплуатацию кондиционных руд с содержанием железа 37% и выше среднее содержание железа в добытой руде составит около 47%. Содержание фосфора в липецких рудах составляет 0,4—0,5%, серы — около 0,1%. Содержание гигроскопической влаги в руде в среднем составляет около 12%.

Балансовые запасы руд липецких месторождений на 1 января 1954 г. составляют 34,7 млн. т по категориям A_2+B+C_1 (в том числе 19,4 млн. т категорий $A_2 + B$) и 1,4 млн. т категории C_2. Забалансовые запасы оцениваются в 7 млн.т категорий $A_2 + B + C_1$.

Липецкие руды эксплуатируются подземным способом. Производительность отдельных шахт не превышает 100—150 тыс. т в год. Объем добычи руд в перспективе, начиная с 1960 г., намечается в количестве 1 млн. т в год.

Подготовка руд к доменной плавке заключается в дроблении, грохочении и агломерации мелочи. Повышенная влажность руд вызывает необходимость предварительной подсушки руды перед грохочением.

Количество кусковой руды (на сухой вес) с содержанием железа 49% составит около 700 тыс. т, выход мелочи — около 200 тыс. т (на сухой вес) с содержанием железа 40%, при окусковании которой будет получено около 180 тыс. т агломерата с содержанием железа 45%.

Потребность заводов Новолипецкого и «Свободный Сокол» в железной руде за счет липецких месторождений покрывается на 17—18%. Основная часть потребности (свыше 80%) должна быть покрыта за счет богатых руд и железистых кварцитов Курской магнитной аномалии, являющейся основной сырьевой базой Новолипецкого металлургического завода.

В связи с этим в настоящее время ведется проектирование и строительство первых горных и рудоподготовительных предприятий на Курской магнитной аномалии. В 1952 г. были сданы в эксплуатацию опытные Коробковский рудник и обогатительно-агломерационный комбинат годовой производительностью в 250 тыс. т офлюсованного агломерата. Намечается строительство новой Южно-Коробковской шахты с обогатительно-агломерационной фабрикой мощностью в 2200 тыс. т в год по исходному сырью и в 1000 тыс. т по агломерату; срок окончания ее строительства намечен Правительством в 1956 г. Добыча богатых железных руд намечается на Лебединском месторождении открытым способом в количестве 3000 тыс. т руды или около 11000 тыс. т горной массы в год.

Завод «Серп и молот»

В составе завода имеется сталеплавильное производство (семь мартеновских и две электрические печи) и прокатное (станы 750, 450, 300, 250 и тонколистовые).

Выпуск металла в 1953 г. составил 410 тыс. т стали и 310 тыс. т проката.

В перспективе состав цехов не изменяется: лишь взамен существующего заготовочного стана 750 вводится новый заготовочный стан. Выплавка стали увеличивается до 500 тыс. т, а выпуск проката до 380 тыс. т в год.

Завод «Электросталь»

На заводе имеются сталеплавильное производство (две мартеновские печи емкостью по 40 т и десять электросталеплавильных печей емкостью: шесть — по 3 т, одна — 1,5 т и три — 20 т) и прокатное производство (крупносортный стан 600 и мелкосортный стан 300). В 1953 г. выпуск составил: стали — 180 тыс. т, проката — 115 тыс. т.

При полном развитии производства годовая мощность завода составит по стали около 250 тыс. т и по прокату около 180 тыс. т.

Московский трубный завод

Завод производит электросварные трубы. В 1953 г. выпуск труб составил 50 тыс. т.

Малая металлургия

В металлургических цехах машиностроительных заводов Центра в настоящее время производится около 570 тыс. т стали, в том числе около 140 тыс. т стальных слитков и около 100 тыс. т проката в год.

Наибольший выпуск стали и проката в цехах малой металлургии приходится на Брянский завод Министерства транспортного и тяжелого машиностроения и Московский автомобильный завод им. Сталина.

В Центре широко развито производство чугунного и стального литья, а также имеется производство чугунных труб.

В настоящее время отсутствует разработанный перспективный комплексный план развития черной металлургии за пределами 1955 г.

По предварительным соображениям о плане развития черной металлургии, при уровне выплавки 50 млн. т чугуна и 60 млн. т стали в стране, который будет достигнут в 1959—1960 гг., намечается следующий объем металлургического производства на заводах Центра СССР: чугуна 3200 тыс. т, стали 2700 тыс. т, проката 1700 тыс. т.

Сведения о производстве металла в 1960 г. в сопоставлении с 1953 г. и полной мощностью по отдельным заводам Центра приведены в табл. 1.

Таблица 1

Производство чугуна, стали и проката в 1960 г. (в тыс. т)

Заводы и виды продукции	1953 г.	1960 г. (условно)	Полная мощность
Косогорский завод			
Чугун в натуре	330	400	400
Новотульский завод			
Чугун в натуре	460	500	500
Завод „Свободный Сокол“			
Чугун в натуре	410	550	550
Новолипецкий завод			
Чугун в натуре	630	1700	2400
Сталь	—	1200	2350
Прокат	—	900	1700
Завод „Серп и молот“			
Сталь	410	500	500
Прокат	310	380	380
Завод „Электросталь“			
Сталь	180	250	250
Прокат	115	180	180
Металлургические цехи машиностроительных заводов			
Сталь	570	700	1000
Прокат	100	200	300
Итого по заводам центра			
Чугун	1830	3150	3850
Сталь	1160	2650	4100
Прокат	525	1660	2560

Как видно из таблицы, в ближайшие годы только один завод Центра—Новолипецкий — будет работать не с полным использованием мощности.

По предварительным наметкам, доля металлургии Центра при выплавке в стране 50 млн. т чугуна и 60 млн. т стали в год составит 5—6%. Выплавка чугуна на базе использования богатых железных руд и железистых кварцитов КМА намечается в относительно ограниченных размерах. В то же время потребность районов Центра в металле огромна, а ресурсы КМА практически неисчерпаемы.

В настоящее время, а также на перспективный период, несмотря на значительный рост производства металла, Центральный район является завозящим металл с Урала и Юга. Так, металлопотребление по Центру за 1953 г. составило около 4500 тыс. т проката и около 1000 тыс. т литейного чугуна, а в 1960 г. составит не менее 5000 тыс. т проката и 1500 тыс. т литейного чугуна.

Если учесть, что значительная часть проката Новолипецкого завода будет потребляться в других экономических районах Советского Союза, то в 1960 г. дефицит в прокате Центрального района составит свыше 3000 тыс. т.

Поэтому при положительном решении вопросов эффективной добычи и подготовки богатых руд и железистых кварцитов КМА будет целесообразным не только форсирование окончания строительства Новолипецкого металлургического завода, но и строительство в ближайший период новых крупных металлургических заводов на базе этих руд.

До настоящего времени развитие советской металлургии шло в основном за счет использования крупных месторождений богатых железом руд. Этот путь обеспечивал наиболее быстрые темпы развития черной металлургии при минимальных капитальных затратах и минимальной себестоимости продукции.

Как видно из приведенного выше, наша страна в ближайшей перспективе должна увеличить производство черных металлов до таких размеров, которые не могут быть полностью обеспечены за счет эксплуатации действующих и ввода в действие новых месторождений богатых железных руд. Решение этой задачи намечается при широком вовлечении в эксплуатацию месторождений бедных железных руд и железистых кварцитов.

На перспективу 15 лет масштабы производства черных металлов на базе железных руд и железистых кварцитов Курской магнитной аномалии определяются, кроме указанных выше в статье заводов, строительством новых металлургических заводов и в первую очередь завода с годовой мощностью 3,5 млн. т чугуна.

Потребность новых металлургических заводов в железной руде должна покрываться в основном за счет железистых кварцитов КМА, добыча которых намечается подземным способом. При этом из-за обводненности верхних горизонтов покрывающих пород на КМА потребуется при проходке последних применять замораживание.

Железистые кварциты должны обогащаться методом мокрой магнитной сепарации и флотации при конечном измельчении руды до —0,1 мм. При спекании концентрата с добавкой известняка будет получаться офлюсованный агломерат со средним содержанием железа 55—56%.

Следует отметить, что по последним геологоразведочным данным на КМА намечается возможность выявления запасов железистых кварцитов с благоприятными геологическими условиями залегания, которые позволяют организовать открытую добычу (например, Михайловский район). Это обстоятельство заметно улучшит экономические показатели добычи железистых кварцитов и богатых железных руд.

Таким образом, новые металлургические заводы на КМА могут быть ориентированы на богатые железные руды и железистые кварциты. В 1954—1955 гг. в южной части КМА, между городами Обоянью и Белгородом, открыто весьма перспективное месторождение богатых железных руд. Богатые руды этого месторождения отличаются высоким содержанием в них железа (от 53 до 69%) и сходны с рудами Кривого Рога. Эти руды залегают на глубине 480—530 м. Покрывающие породы на этом месторождении являются устойчивыми, хотя и обводненными. Это месторождение еще слабо разведано и изучено, и на нем необходимо проводить дальнейшие геологические и другие исследования, чтобы оценить промышленное значение его. Если в процессе разведки будут выявлены и подсчитаны большие запасы руд на этом месторождении (что вполне возможно) и выяснится возможность рациональной добычи этих руд и снабжение этими богатыми рудами Тульского, Липецкого и новых металлургических заводов, построенных на КМА, то тогда технико-экономические показатели этих заводов будут более благоприятными в сравнении с тем, если бы эти заводы плавили концентрат из железных кварцитов.

Если перспективные расчеты покажут возможность ориентировать новые металлургические заводы на базе руд КМА на коксующиеся угли Донбасса, целесообразно дать экономическую оценку варианта работы металлургических заводов Донбасса частично на рудах КМА, например, завода им. Ворошилова и Константиновского завода, расположенных ближе к КМА, чем к Кривому Рогу. Перевод этих заводов на руды КМА позволит использовать порожняк из-под углей, направляемых для коксования на заводы КМА, и частично смягчить баланс криворожских руд, идущих также и на экспорт.

Однако возможно, что масштабы развития черной металлургии на рудах КМА и углях Донбасса будут ограниченными вследствие дефицитности коксующихся углей этого угольного бассейна. В этом случае представляется интересным вариант совместного использования железных руд и железистых кварцитов КМА и печорских коксующихся углей.

Основные предпосылки такого варианта сводятся к следующему.

1. Огромные запасы железных руд и железистых кварцитов КМА.
2. Большие запасы коксующихся углей в Печорском бассейне.
3. Возможность дальнейшего использования печорских углей для новых металлургических заводов в Центре благодаря значительным потенциальным ресурсам этого угольного бассейна, который до последнего времени намечался на покрытие потребностей в угле лишь Череповецкого завода и заводов Северного Урала.
4. Размещение заводов в благоприятных климатических и экономических условиях, в районе с большим промышленным производством, высокая металлургическая ценность богатых железных руд и агломерата из обогащенных концентратов КМА и высокое качество металлургического кокса из печорских углей, возможность строительства заводов с большим объемом производства на основе новой техники, обеспечивающих относительно благоприятные экономические показатели, которые могут покрыть повышенные затраты на транспортировку топлива.
5. Как недостаток организации металлургического производства на базе КМА и углях Печорского бассейна следует отметить отдаленность этих бассейнов один от другого. Расстояние от Воркуты до Старого Оскола равно 2800—2900 км. Однако, несмотря на удаленность КМА от Печорского бассейна, предварительные расчеты транспортных показателей по доставке топлива на металлургические заводы и готовой продукции металлопотребителям показывают, что они будут меньше, чем для

Череповецкого и Западно-Сибирского металлургических заводов, и близки к таковым для Ново-Тагильского завода.

Не исключен вариант работы металлургических заводов Центра и на дальнепривозных коксующихся углях Кузбасса.

Таким образом, имеются все экономические и сырьевые предпосылки для строительства новых металлургических заводов в районах КМА на базе железорудного сырья этого огромного бассейна и привозного металлургического топлива.

Необходимо провести технико-экономические исследования по строительству новых металлургических заводов с обоснованием объема производства и их размещения.

В более отдаленной перспективе железные руды и железистые кварциты Курской магнитной аномалии могут оказаться рудной базой многих современных металлургических заводов, которые будут размещаться как в пределах КМА, так и в районах расположения металлургического топлива.

А. Н. СПЕРАНСКИЙ и Л. П. СКУПНИК

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАЙОНОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Работы по геологической разведке и по освоению месторождения Курской магнитной аномалии велись на протяжении многих лет, но неоднократно прерывались. В 1939 г. XVIII съездом партии было принято решение о возобновлении работ, направление которых было охарактеризовано следующим образом.

«Приступить к строительству шахт в районе Курской магнитной аномалии, как дополнительной базы черной металлургии Центра, и провести подготовительные мероприятия к строительству металлургического завода в районе Курской магнитной аномалии».

Первая из задач, поставленных партийным съездом, в настоящее время может считаться выполненной: строительство шахт, прерванное во время Великой Отечественной войны, было возобновлено после ее окончания и в 1952 г. вступили в эксплуатацию в районе Старого Оскола опытный рудник и обогатительно-агломерационный комбинат. Комбинат поставляет подготовленную руду Ново-Липецкому и Тульскому металлургическим заводам. В настоящее время разработан проект развития Ново-Липецкого завода в крупный завод с полным металлургическим циклом. Разработкой этого проекта частично осуществляется поставленная XVIII партийным съездом задача подготовки «к строительству металлургического завода в районе Курской магнитной аномалии». Завершением выполнения решений съезда явится, очевидно, строительство нового металлургического завода непосредственно в районе Курской магнитной аномалии — в Курской или в Белгородской области.

Общие экономические основания для такого строительства должны быть изложены особо. В настоящем обзоре делается попытка установить, в каких экономических условиях будет работать в этих областях будущий новый металлургический завод.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

Курская область является частью Центрального района Европейской части РСФСР. С 1928 по 1934 г. область входила, наряду с Воронежской, Орловской и Тамбовской областями (называвшимися тогда округами), в центрально-Черноземную область. При ликвидации Центрально-Черноземной области и выделения из нее в 1934 г. Курской области (тогда еще вместе с территорией современной Орловской области) в ее границы был полностью включен район месторождений КМА и большая часть важной для будущего развития КМА железнодорожной магистрали Москва — Донбасс. В 1937 г. Курская область была отделена от Орловской, а в настоящее время из состава Курской области выделена Белгородская область, к которой отошли все южные и часть восточных

районов с городами Белгород и Старый Оскол. Действующие опытные предприятия КМА находятся на территории вновь образованной Белгородской области. В дальнейшем в настоящей статье Курская область рассматривается в старых границах, т. е. вместе с ныне выделенной Белгородской областью.

Курская область граничит: на севере — с Орловской областью, на северо-востоке — с Воронежской областью, на северо-западе, на небольшом протяжении,— с Брянской областью, на юго-западе и на юге — с Сумской и Харьковской областями Украины, а на востоке — с Воронежской областью.

Административный и промышленный центр области — Курск отстоит от Москвы на 538 км железнодорожного пути, от Воронежа — на 247 км, от Орла — на 156 км, от Брянска — на 303 км, от Харькова — на 246 км. Последние два города, являющиеся, как известно, крупными промышленными центрами, находятся на северной и южной границе наиболее разведанной части месторождений КМА.

Население Курской области (в старых границах) составляет 3,2 млн. человек, плотность населения высокая — свыше 60 человек на 1 км^2, городского населения 286 тыс. человек — 9%. В области 15 городов, из которых наиболее значительные: Курск, Белгород, Старый Оскол, Льгов. В городскую черту входят обычно пригороды, в которых подавляющая часть населения занимается сельским хозяйством.

Как по физико-географическим условиям, так и по характеру экономического развития Курская область имеет много общего с соседними областями, особенно с находившимися с ней в границах Центрально-Черноземной области и объединяемых в настоящее время экономической географией понятием «Черноземного центра». Для наиболее полной характеристики района Курской магнитной аномалии ниже приводятся также сведения об экономических ресурсах смежных Воронежской и Орловской областей.

Население этих областей составляет 9 млн. человек (1939 г.). Курская, Орловская и западная часть Воронежской области (как и примыкающие к Курской области районы Украины) занимают южную часть Среднерусской возвышенности и находятся в лесостепной полосе с черноземными почвами. Почвы этих районов — черноземы разнообразных видов — являются исключительно богатым плодоносным покровом.

Зона типичных черноземов является наиболее насыщенной земледелием, распаханность достигает местами более 75% территории. Меры повышения производительности черноземов сводятся к мероприятиям по сбережению в почве влаги; к числу их необходимо отнести снегозадержание, введение в севооборот черного пара, вспашку под зябь и устройство полезащитных древесно-кустарниковых полос. Таким образом, в почвенном отношении сельское хозяйство обеспечено в рассматриваемых районах прекрасной базой.

Поверхность района представляет собой всхолмленную равнину, изрезанную большим количеством оврагов и балок и пересекаемую широкими речными долинами. Овражистый рельеф, осложняющий хозяйственную деятельность населения, вызывается рыхлостью подпочвы, которую в описываемом районе составляют лёсс и лёссовидные суглинки. Из-за водопроницаемости лёссовых пород, дренирующего действия оврагов и отсутствия лесов, грунтовые воды стоят очень низко. Главным источником водоснабжения населения служат реки, вдоль которых тянутся поселения.

Занимая водораздельную возвышенность, районы Курской магнитной аномалии не имеют крупных рек; все значительные реки расположены

в ней своими истоками и не многоводны. На запад и юго-запад текут притоки системы Днепра: Сейм (на котором расположен г. Курск) со Свапой, Псел и Ворскла. На север и юг текут реки системы Дона — Тим и Северный Донец с Осколом. Наибольшее протяжение по области имеют Сейм и Оскол. Оскол окаймляет восточную границу месторождений Курской магнитной аномалии и течет по долине, лежащей на уровне 96 м. Реки районов КМА не судоходны и издавна перегорожены множеством мельничных плотин.

В Курской области берет начало и пересекает Орловскую область Ока, которая также не судоходна в пределах описываемого района; протекающий по Воронежской области Дон с Воронежом судоходен весной от устья Воронежа до Ростова, а затем от Лисок до Ростова, что имеет только местное значение. Реки рассматриваемых районов несут незначительный запас энергии, достаточный для использования только мелкими электростанциями.

Климат области умеренно континентальный, среднегодовая температура в Курске +5,2°, январская —10°, июльская +20°. Июльская температура Курска на 2° выше июльской температуры Москвы. В южных районах области, где расположены опытный рудник и обогатительная фабрика, заметно теплее: среднегодовая температура близка к +7°, январская равна —7,3°, июльская +21,3°. Зима длится 5 месяцев, с ноября по март включительно. Безморозных дней бывает в году 157—167 (в средних и южных районах). Осадков выпадает около 550 мм на севере и западе области, на юго-востоке области количество осадков снижается до 400 мм и ниже.

В теплый период осадков выпадает больше половины годовой нормы, из них меньшее количество приходится на май, который решает урожай зерновых культур.

Толщина снегового покрова на территории рассматриваемых районов колеблется в значительных размерах: от 60 см на севере до 10 см на юге.

Среднемноголетние модули стока колеблются на территории районов Центра от 6 л/сек км^2 в Орловской области до 2,5 л/сек км^2 — на юге Воронежской области, относительно плавно уменьшаясь с севера на юг. Наибольшее колебание стока установлено по малым рекам. В верховьях Дона, Воронежа, Северного Донца объем весеннего половодья составляет 60—70%, увеличиваясь на юге до 80—90% от годового размера. Таким образом, основная масса воды проходит весной в довольно короткие сроки.

В северо-западной части района наблюдается относительно малое испарение — близко к 600—700 мм; в направлении к юго-востоку оно увеличивается.

В южных районах часты зимние оттепели, сопровождающиеся полным таянием снега; наступление морозов способствует образованию ледяной корки, неблагоприятно отражающейся на озимых посевах.

В климатическом отношении необходимо отметить следующее важное обстоятельство: открытая со всех сторон равнина этих районов (колебания высоты поверхности не выходят из пределов 70—320 м над уровнем моря), доступная для северных и северо-восточных ветров, в юго-восточной части подвергается засушливым воздействиям восточных и юго-восточных ветров, идущих из прикаспийских пустынь; восточные районы серьезно страдают от недостатка и, прежде всего, от неравномерного распределения влаги, весенних заморозков и других отрицательных влияний резко выраженного континентального климата. Но в юго-западной части

описываемых районов и в смежных с ними районах Украины недостатка влаги и весенних заморозков не наблюдается и они являются наиболее благоприятными для культуры сахарной свеклы, дающей высокие показатели по урожайности и по сахаристости.

В Курской и Белгородской областях больше тепла и меньше влаги, чем в Орловской области, и меньше тепла и больше влаги, чем в Воронежской области. Неблагоприятный водный режим почв приводит в Курской и особенно в Белгородской областях к необходимости искусственного орошения посевов, особенно в юго-восточных районах, подверженных действию суховеев.

Отмеченные климатические особенности при условии внедрения необходимых агротехнических мероприятий обеспечивают сельскохозяйственный прогресс и дают основание считать рассматриваемые районы огромным резервуаром производства сельскохозяйственных продуктов и сырья. Природные условия гарантируют здесь при рациональной организации сельского хозяйства значительные успехи в области свеклосеяния, коноплеводства, посевов подсолнуха, кукурузы, эфиро-масличных культур, картофеля, махорки и других ценных пищевых и технических культур.

Черноземные почвы, умеренный климат и густое сельское население способствовали превращению этой территории в один из важнейших и обширных сельскохозяйственных районов страны, близкий по своей специализации сельскому хозяйству Украины. Территория КМА занимает в РСФСР первое место по посевам сахарной свеклы и второе по посевам подсолнечника и конопли.

Наибольшее развитие издавна получило на этой территории полеводство, главным образом зерновые и технические культуры. Отчетливо наблюдалась тенденция к росту таких культур, как подсолнечник, картофель, сахарная свекла за счет сокращения зерновых культур.

В настоящее время в северной и центральной части описываемой территории возделывается рожь, в южных районах — пшеница и зернофуражные культуры — ячмень и овес. Со времени коллективизации среди посевов зерновых вдвое увеличились посевы пшеницы и зернобобовых культур, появились посевы кукурузы, увеличились площади под кормовыми культурами для скота и многолетними травами, восстанавливающими почву. Среди крупяных культур преобладают гречиха и просо.

Посевы главной технической культуры черноземного центра сахарной свеклы — сконцентрированы в юго-западных районах и имеют тенденцию к расширению на восток. В юго-восточных районах преобладают посевы подсолнечника, который является основной технической культурой соседней Воронежской области; на северо-западе значительные площади занимают северная конопля и технический картофель — основные технические культуры Орловской области.

Садоводство района КМА имеет союзное значение («курская антоновка»), видное место занимает продукция огородничества. Животноводство имеет мясо-молочное направление, развиты племенное коневодство («орловские рысаки»), племенное и товарное птицеводство, пчеловодство.

Занимая 0,23% территории СССР, Курская область имеет 1,8% посевных площадей страны и занимает следующее место в общесоюзных посевах отдельных культур: по зерновым — 1,8—1,9%, по сахарной свекле — 9,5—10,5%, по конопле 5,7—6,6%, по подсолнечнику 2,4—2,5% и картофелю — около 1,8%.

ЭКОНОМИКА РАЙОНА

Транспорт

Район черноземного центра имеет развитую железнодорожную сеть. В меридиональном направлении районы КМА пересекают три важнейшие железнодорожные магистрали, которые на севере имеют общее направление к Москве и соединяют последнюю через рассматриваемые районы с южными районами страны: 1) Москва — Брянск — Харьков; 2) Москва — Курск — Харьков; 3) Москва — Донбасс (через Елец — Валуйки), проходящая по восточной границе месторождений КМА и в районе строящихся рудников. По соседней Воронежской области проходит четвертая в описываемом районе меридиональная линия Москва — Воронеж — Ростов. Эти меридиональные магистрали выполняют главную часть грузооборота, значительную часть которого составляет транзит. В северном направлении перевозится уголь, металл, нефть, сельскохозяйственные грузы, на юг везут лес и промышленные изделия. В районы Курской магнитной аномалии завозится каменный уголь, нефть и нефтепродукты, лес, машины, минеральные удобрения; в вывозе главную часть составляют продукты сельского хозяйства, пищевой промышленности и мел.

Общие масштабы грузооборота Курской области к концу первой послевоенной пятилетки превысили довоенный уровень. Особенно возросло в настоящее время прибытие в область лесных грузов — более чем в 3 раза, машин в 2,8 раза, каменного угля почти в 1,3 раза и нефтяных грузов более чем в 3 раза против довоенного уровня; уменьшилось прибытие хлебных грузов — почти на 40% по сравнению с завозом этих грузов в 1950 г.

Широтные железные дороги связывают Курск с Киевом и Воронежем, а через линию Валуйки — Балашов и через проходящую через Орловскую и Воронежскую области дорогу Балашов — Орел — Брянск — с городами Поволжья (Сталинград, Камышин, Саратов) и Прибалтики (Ригой). Эта линия была построена в хлебоэкспортных целях. Общая длина проходящих по области железных дорог, включая не указанные выше более мелкие линии, составляет 1600 км, т. е. 31,5 км на 1000 км^2 территории, что ставит районы КМА по относительной обеспеченности железными дорогами на одно из первых мест в стране.

Несмотря на сравнительно густую железнодорожную сеть по территории Курской магнитной аномалии в целом, ее восточные районы и именно район строящихся рудников КМА был недостаточно обслужен внутрирайонными широтными железными дорогами.

Сельское хозяйство и промышленность до революции

До революции для сельского хозяйства черноземного района было характерно односторонне земледельческое направление.

Основанное на «небесной» агротехнике экстенсивное сельское хозяйство района не могло ни занять, ни прокормить все увеличивающееся население. К концу прошлого столетия Черноземный Центр превратился в настолько отсталый край нищеты и «аграрного перенаселения», что после голодного 1891 г. обратил на себя внимание даже петербургской бюрократии, образовавшей специальную «комиссию по оскудению Центра».

До периода индустриализации страны промышленность районов КМА определялась почти только переработкой сельскохозяйственных продук-

тов. В 1913 г. 89,9% валовой продукции цензовой промышленности давали отрасли, перерабатывавшие местное сельскохозяйственное сырье — пищевая и легкая, и только 10,1% валовой продукции давали все другие отрасли. 88,4% валовой продукции промышленности были выработаны пищевкусовыми отраслями —сахарной, мукомольно-крупяной, спиртоводочной, маслобойной, крахмало-паточной, табачно-махорочной. В 1913 г. сахарная промышленность одной только Курской губернии произвела 11 млн. пудов сахара из 14 млн. пудов по центрально-черноземным губерниям. В 1914 г. эти губернии произвели 16,7 млн. пудов сахара из 98,3 млн. пудов по России, т. е. 17%. Сахарная, мукомольно-крупяная, спиртоводочная и маслобойная отрасли были главными «профилирующими» отраслями промышленности Курской и Воронежской областей.

Легкая промышленность Курской области — кожевеннообувная, шерстоткацкая и пенькообрабатывающая давали в 1913 г. всего лишь 1,5% валовой продукции цензовой промышленности, причем сырьевая база первых двух отраслей прогрессивно сокращалась вследствие деградации животноводства, происходившей во всех центрально-черноземных губерниях.

Добыча и производство строительных материалов были представлены мелоизвестковыми разработками в районе Белгорода, где мел перемалывался на специальных мельницах, и добычей «дикого» камня — фосфорита и песчаника на строительнодорожные нужды (в северных районах). Во многих районах выжигалась известь и производился кирпич на небольших предприятиях кустарного типа.

Металлообработка, дававшая 2,0% валовой продукции цензовой промышленности, была представлена лишь заводом в Курске, производившим плуги и печное литье. В 1912 г. в губернии было 12 слесарных мастерских, на которых было занято 64 рабочих. Всего в губернии в 1913 г. было только 228 предприятий цензовой промышленности, на которых было занято 21,9 тысяч рабочих. Подавляющую часть предприятий составляли мелкие мельницы и просорушки с 1—2 рабочими.

Характер промышленности соседних областей не отличался от промышленности Курской области; в Воронежской, Курской, Орловской и Тамбовской областях вместе удельный вес промышленности по переработке сельскохозяйственного сырья составлял 89,4%, в том числе пищевкусовой промышленности — 84,1%, а добыча и обработка минералов и металлов — 4,3% валовой продукции. В Орле находился плужный завод (завод им. Медведева), в Воронеже — машиностроительный завод универсального профиля (завод им. Ленина). В 1915 г. в Воронеже разместился второй машиностроительный завод, эвакуированный из Риги (завод им. Коминтерна).

Воронежская губерния отличалась наличием на ее территории в Липецке металлургического завода, построенного в 1900—1902 гг. В 1913 г. этот завод, носивший название «Сокол», выплавил 117 тыс. т литейного чугуна.

Дореволюционная промышленность Курской губернии, как и всего района, в соответствии с характером основных пищевых производств, тяготеющих к источникам сырья, размещалась в основном в сельских местностях и не способствовала росту городов. В 1920 г. 79% всей мощности двигателей цензовой промышленности Центральной черноземной области находилось в сельских местностях и только 21% мощности — в городах. Ряд производств — сахарное, спиртоводочное, крахмалопаточное и др. носили сезонный характер, работа производилась осенью, после сбора сырья. Много заводов обслуживалось поэтому не только постоянными рабочими, но и крестьянами, освобождавшимися осенью от основных

сельскохозяйственных работ. Таким образом, основная промышленность района не могла способствовать ликвидации хронической перенаселенности, не могло этому способствовать и развитие кустарных промыслов.

Курская губерния имела самую высокую плотность населения в перенаселенном крае: с 1886 по 1909 г. из Курской губернии переселилось 234 тыс. человек, из Воронежской губернии — 199 тыс., из Тамбовской — 158 тыс., из Орловской — 152 тыс. человек. По числу переселенцев Курская губерния занимала в этот период третье, а Воронежская — пятое место в России.

На отхожие промыслы из Курской губернии уходили сначала на сельскохозяйственные работы в Харьковскую и Екатеринославскую губернии, в Донскую область, а позже — на шахты в Донбасс.

В свете приведенных данных понятно, насколько актуальным было для рассматриваемого района развитие промышленности. После Великой Октябрьской социалистической революции и завершения в 1928 г. восстановительного периода (Черноземный Центр восстанавливал свое хозяйство с некоторым опозданием) было предпринято в первом пятилетии усиленное изучение производительных сил всего района. Наиболее широко было развернуто изучение производительных сил Воронежской губернии, чему способствовало отчасти ее руководящее административное положение и наличие университетских сил. В Курской области продолжались, начатые по указанию В. И. Ленина, разведки на КМА, также обследовались месторождения фосфоритов, песчаника, глин, массивы торфяных болот, изучались технологические свойства местных ископаемых. Проведенные работы подтвердили наличие огромных запасов железных руд и больших ресурсов минерального сырья для производства различных строительных материалов.

Полезные ископаемые

Курская и Воронежская области занимают один из тех трех районов Русской платформы, в которых близко к поверхности выходит ее докембрийское основание. Древнейшими геологическими образованиями этого района являются граниты, обнажающиеся в ряде пунктов Воронежской области (по Дону). Буровыми скважинами граниты обнаружены и в других пунктах. Древнейшими осадочными отложениями северной части района являются породы девонской системы, принадлежащие среднему и верхнему отделу (известняки, мергели, доломиты, глины). Достаточно распространены в пределах района осадки юрской системы, слагающиеся глинами, песками, песчаниками. Нижнемеловые осадки известны, но гораздо шире распространены осадки верхнемелового возраста, занимающие особенно большие площади в районе. Верхнемеловые породы состоят из песков, песчаников, глин, мергелей и мела.

Господствующими на территории района являются отложения третичного и мелового периода, с которыми связаны ее основные, кроме железных руд, полезные ископаемые: глины, пески, мел.

В районах КМА имеются месторождения бурых железняков и сидеритов, фосфоритов, разнообразных промышленных и строительных глин. Часть районов богата плотными известняками, имеются доломиты. Район Курской магнитной аномалии располагает мергельными известняками, пригодными для производства цемента. На территории Курской и Воронежской областей расположена северная часть южнорусской мульды высококачественного мела. Имеются месторождения песчаников и торфа в Курской и Орловской областях.

У г о л ь. На территории Курской и соседних с ней областей до настоящего времени не обнаружены промышленные залежи угля. Эти районы, расположенные между двумя угольными бассейнами, Подмосковным и Донецким, как бы заключают в своих недрах границы обоих бассейнов. Северной границей Большого Донбасса геологи называют в настоящее время линию Новый Оскол — Россошь. В тех случаях, когда на территории Воронежской области были достигнуты средние и верхние отделы каменноугольной системы, угленосные в Донбассе, в них были обнаружены на различной глубине очень тонкие пласты в 0,20—0,25 м; более мощные пласты в 0,48—0,91 м содержали плохой, низкокалорийный уголь (2377 кал.).

У того же Нового Оскола при разведках на железные руды КМА были достигнуты на глубине 112 м осадки нижнего карбона, угленосного в Подмосковном бассейне. Обнаруженный в них уголь близок по своим свойствам к углю Подмосковного бассейна. У Старого Оскола уголь был обнаружен на глубине 21 м.

В третичных осадках, распространенных на поверхности Курской и Воронежской областей, встречаются залежи бурых углей — многозольных лигнитов, используемых местным населением. Наиболее известное из них — Пасековское месторождение в Воронежской области, открытое в 90-х годах прошлого века и содержащее мощный пласт в 7,5 м (средняя мощность). Зольность угля достигает 40%. Небольшие залежи бурого угля имеются также в Орловской области.

Т о р ф. Торфяные болота расположены в северо-западной части Курской области — по долине Сейма и в районе железной дороги Курск — Орел. Согласно кадастровому списку торфяного фонда РСФСР в области числилось в 1943—1944 гг. 846 болот, заключавших 386,1 млн. м^3 сырца, т. е. приблизительно 65 млн. т воздушно-сухого торфа. Размер болот обычно небольшой, 753 болота имеют площадь до 50 га, только в двух болотах площадь превышает 1000 га. Торф луговой, низинный. По более поздним данным, общие запасы торфа составляют 500 млн. м^3, или свыше 100 млн. т воздушно-сухого торфа. Торф используется сахарными и винокуренными заводами, а также на отопительные нужды населения. В области строятся торфобрикетные заводы. Некоторые сорта торфа употребляются в качестве удобрения.

Э л е к т р о э н е р г и я. Согласно постановлению Правительства о строительстве Сталинградской гидроэлектростанции, с последней будет передаваться в районы черноземного центра 1200 млн. квт-ч электроэнергии в год.

Ж е л е з н ы е р у д ы. Помимо огромных железорудных ресурсов КМА, на территории Курской области известны два месторождения железных руд осадочного происхождения — бурых железняков и сидеритов. Бурые железняки (лимониты) обнаружены в центре области, в Ивнянском районе, у г. Обояни, на глубине от 4 до 53 м. Пласт имеет мощность от 0,35 до 1,78 м, содержание железа — 50%. Сидериты находятся в северо-восточной части области, близко подходят к поверхности в долинах рек. Содержание железа — 40%. Незначительные месторождения бурых железняков и сидеритов имеются также в Орловской области и на юге Воронежской области. Промышленного значения упомянутые месторождения в настоящее время не имеют, так как одна часть их содержит незначительные запасы руды, а другая часть — руду с низким содержанием железа.

В Воронежской области известно Липецкое месторождение бурых железняков. Руды залегают пластообразными линзами; максимальная длина которых доходит иногда до 2 км, а ширина до 1 км. Несмотря на

то что Липецкое месторождение известно очень давно и разрабатывалось еще во времена Петра I, систематические работы по исследованию и разведкам начались лишь с 1918 г., а с 1929 г. были проведены большие геологические работы, которыми были определены запасы месторождения и качество руды.

Общие запасы Липецкого месторождения составляют около 38 млн. т; содержание железа в рудах колеблется в пределах 20—56%, при среднем содержании около 42%. Липецкие бурые железняки не требуют обогащения и идут на производство литейных чугунов на металлургических заводах Липецка и Тулы. В настоящее время промышленные запасы руд Липецкого месторождения сильно выработаны.

На юго-восточной границе описываемого района, на территории, захватывающей часть Воронежской и часть Сталинградской областей, находится огромный, слабо изученный Хоперский железорудный бассейн. Не исключена возможность совместного переплава в будущем железных руд Хоперского бассейна и Курской магнитной аномалии.

В результате работ 1954 г. вскрыты крупные ресурсы железных руд в районе между Белгородом и Обоянью.

Известняки. В Курской области неизвестны месторождения плотных известняков, необходимых для доменного процесса. Плотные известняки, которыми очень богата северная часть Воронежской и Орловской областей, может быть и имеются на севере Курской области, в районах девонских отложений, однако они не разведаны. Коробковский комбинат Курской магнитной аномалии пользуется известняком, доставляемым со Студеновского рудника у Липецка на расстоянии в 260 км по железной дороге.

У Белгорода и в других точках районов Курской магнитной аномалии на месторождениях мела залегают мергельные известняки, которые занимают промежуточное место между известняками и глинами и в сочетании с мелом могут являться сырьем для производства портландцемента.

Мел. В Белгородской области и в южной части Воронежской области расположены крупнейшие месторождения мела, на которые падает около половины добычи мела по СССР. У Белгорода мел образует мощные отложения, где толщина пласта достигает по берегу Северного Донца 107 м. Верхние пласты содержат более жесткие серые разности, средние и нижние пласты включают белый мел, в том числе пишущий. В зависимости от свойств мела, он используется для цементного производства, известкования почв, выжига извести (верхние слои), в сахарной, текстильной, химической, стекольной и резиновой промышленности. Высококачественный порошковатый мел нижних пластов используется в парфюмерии. Белгородский мел экспортируется.

Центром разработок и переработки мела являются Логовские карьеры и Логовский комбинат у ст. Щебекино Белгородской области. Месторождения мела имеются и в Старооскольском районе.

Использованию мела в качестве флюса в доменной плавке препятствует его мягкость: испытаниями, проведенными в лаборатории строительных материалов Юго-восточной железной дороги и в Воронежском инженерно-строительном институте, установлено, что прочность мела, определенная сопротивлением сжатию, составляет в сухом состоянии 50—70 кг/см^2. Возможность использования местного мела для офлюсования агломерата на Коробковском комбинате проверяется в настоящее время Институтом горного дела Академии наук СССР.

Фосфориты. Фосфориты являются лучше всех других разведанными и распространенными ископаемыми области, запасы их исчисля-

ются сотнями миллионов тонн. Курские фосфориты составляют часть полосы, проходящей от Смоленска через Брянскую, Калужскую, Орловскую, Курскую, Воронежскую, Тамбовскую области вплоть до Волги. В Белгородской области фосфориты залегают глубоко под белым мелом, в северных и северо-восточных районах Курской области — Щигровском, Тимском, Фатежском, Дмитриевском, Льговском и в районе Курска — фосфориты выходят на поверхность и разрабатываются на глубине 7—10 м. Так же, как и песчаники, фосфориты издавна употребляются на постройку шоссейных дорог и мощение улиц (ими выложены мостовые в Курске и других городах области), а также перемалываются на удобрительную фосфоритную муку. Месторождение курских фосфоритов, называемых в тех случаях, когда они залегают в виде пластов «самородом», отличаются высокой продуктивностью — до 400 кг на 1 м². Однако содержание основного минерала — фосфорного ангидрита — в них низкое, не превышает в большинстве случаев 13—15% и только в некоторых случаях достигает 18—30%. Переработка низкопроцентного фосфорита в суперфосфат неэкономична, так как затраты на нее не окупаются эффектом, получаемым в растениеводстве.

Бедные фосфатом курские фосфориты богаты углекислым кальцием (CaO), которого содержат до 47%. В своем курсе «Металлургия чугуна» академик М. А. Павлов относит фосфориты одновременно к флюсам и к фосфорной руде, указывая на интересный факт применения курских фосфоритов в доменной плавке: южные заводы, работающие на криворожской руде, одно время употребляли подольские и курские фосфориты как примесь к флюсу для повышения содержания фосфора в литейном чугуне. Оба вида фосфоритов могут, по мнению Павлова, служить рудой при выплавке феррофосфора.

Песчаник. В западной части района, вдоль Сейма, в Кореневском и Рыльском районах Курской области в нижнетретичных отложениях, на глубине от 6 до 11 м, залегают кварцитовые песчаники, издавна употребляемые для мощения улиц и шоссейных дорог, а также на выделку мельничных жерновов (сливной песчаник). Сливные песчаники имеются также в Старооскольском районе.

Высокое содержание кремнекислоты — 95,37—99,31% и чистота кореневского песчаника вызвали к нему большой интерес, как к сырью для производства динаса.[1] На протяжении 1929—1933 гг. все разновидности кореневского песчаника и изготовленный из них динас были изучены научно-исследовательскими институтами (Институтом силикатов, ВИМС, ВИОП), проведшими испытания в лабораторном и заводском масштабе (на заводах Пантелеймоновском, Красногорском, Деконском динасовом). Несмотря на установленные положительные свойства динаса из сливного песчаника — его чистоту и высокую огнеупорность — исследования привели к выводу о непригодности кореневских песчаников для производства динаса. Главным недостатком последнего является рыхлое строение, при котором кирпич при малейшем ударе теряет углы и кромки. Рыхлость кирпича устранялась только при значительном расходе топлива на медленный обжиг, при длительной подготовке сырья и добавкой в шихту ясиноватских песчаников.

Глина. Среди третичных отложений встречаются месторождения промышленных глин — тугоплавких и огнеупорных. В Боброво-Дворском районе Белгородской области частично разведано Сергиевское месторождение глин, обладающих огнеупорностью в 1550°; глины пригодны для

[1] В производстве динасового кирпича для мартеновских печей требуется сырье, содержащее 97% кремнезема, в производстве динаса для электропечей в сырье требуется 97,5% кремнезема.

производства гжельского кирпича, клинкера, метлахских плиток, канализационных труб, гончарных и кислотоупорных изделий. Геологические запасы глин весьма значительны. В 1933 г. были разведаны глины Старооскольского месторождения. Они обладают огнеупорностью в 1680° и считаются пригодными для производства огнеупорных изделий среднего качества. В литературе имеются не подтвержденные разведками указания на то, что в Курскую область входит узким рукавом продолжение одного из самых лучших месторождений огнеупорных глин СССР — Латненского, находящегося на территории Воронежской области.

Огнеупорные глины Курской области разведаны крайне недостаточно.

Среди строительных глин имеются трепельные, месторождения которых расположены на северо-востоке Курской области. Трепельные глины являются сырьем для производства легковесного кирпича и служат хорошим изоляционным материалом.

На территории всего района Курской магнитной аномалии имеются охры и окрашенные глины, пригодные для производства технических красок.

Вода. По гидрогеологическому районированию район относится к артезианскому бассейну Днепровско-Донецкой впадины, который характеризуется огромным размером и водообилием водоносных горизонтов. На подземных водах этого бассейна базируется водоснабжение Курска, Киева, Харькова, Полтавы, Чернигова и других городов. В районе Днепровско-Донецкой впадины имеется шесть водоносных горизонтов, залегающих на глубине до 550—600 м.

Обогатительно-агломерационный комбинат КМА пользуется для промышленных нужд шахтными водами опытного рудника. Источником питьевого водоснабжения комбината служат воды, залегающие на глубине 30 м в меле и песках сеноман-аптского возраста. Водоносный горизонт сеноманского яруса считается одним из самых мощных, имеющим широкое распространение и выходящим за пределы области.

Народное хозяйство районов Курской магнитной аномалии в годы пятилеток и его ближайшие перспективы

Промышленное строительство в первой пятилетке началось с предприятий легкой, химической промышленности и промышленности строительных материалов, в следующие пятилетия получает развитие машиностроение. До начала Великой Отечественной войны в Курской области было построено и реконструировано около двадцати предприятий. После Отечественной войны продолжалось строительство в этих же отраслях и введены в эксплуатацию первые рудники Курской магнитной аномалии.

Легкая промышленность создана почти заново. В Курске построены швейная, трикотажная, обувная, кожгалантерейная фабрики, радикально реконструирован кожевенный завод. Новыми предприятиями химической промышленности являются построенный в Курске после Отечественной войны завод резино-технических изделий и построенные в первом пятилетии заводы по производству фосфоритной муки в Щиграх и Дмитриеве. Из числа новых заводов строительных материалов наиболее крупными являются Логовский мелоизвестковый комбинат (у Белгорода), Льговский черепичный завод и построенные после войны в Курске — гипсовый завод, а в Белгороде — цементный завод.

Развитие машиностроительной промышленности началось с реконструкции Курского механического завода им. Калинина, который первый период работал по ремонту тракторных моторов, а потом перешел на производство станков, в Курске также был построен чугунолитей-

ный завод. В 24 км от Курска, в Свободинском районе, был построен завод текстильных машин; в Щебекино, центре сахарного производства,— завод сельскохозяйственных машин для обработки свекловичных посевов. После войны в Курске сданы в эксплуатацию заводы электротехнического оборудования, мельничного оборудования, а в Белгороде — котельный завод.

В 1952 г. сданы в эксплуатацию опытный Коробковский рудник и обогатительно-агломерационный комбинат на Курской магнитной аномалии.

Изменения, происшедшие в объеме и структуре крупной промышленности Курской области в довоенный период, иллюстрируются приводимыми ниже показателями (табл. 1).

Таблица 1

Рост крупной промышленности в 1913—1938 гг.

Показатели	Единица измерения	Годы	
		1913	1938
Число предприятий	единиц	218	831
В них среднегодовое число рабочих	тыс. чел.	21,9	62,1
Объем валовой продукции . .	млн. руб. в ценах 1926/27 г.	88,9	501,0

Мелкая промышленность продолжала сохранять крупное место во всей промышленности области. В 1938 г. числилось 12,4 тыс. предприятий мелкой промышленности, имевших 28 тыс. рабочих и выработавших валовой продукции на 86 млн. рублей. Подавляющую часть мелких предприятий составляли мельницы и просорушки.

Структура крупной промышленности, по сравнению с дореволюционным временем, значительно изменилась в направлении увеличения доли машиностроения и металлообработки, легкой промышленности и сокращения доли пищевой промышленности, при абсолютном росте валовой продукции последней (табл. 2).

Таблица 2

Структура валовой продукции промышленности в 1913—1938 гг.

Отрасли промышленности	В млн. руб.		В % к итогу	
	1913	1938	1913	1938
Машиностроение и металлообработка	1,7	81,6	2,0	16,3
Легкая промышленность	1,3	37,1	1,5	7,4
Пищевая „	78,2	327,7	88,4	65,4
в том числе сахарная	52,1	131,1	58,9	26,2
Прочие отрасли	7,2	54,6	8,1	10,9
Итого	88,4	501,0	100,0	100,0

Перед Великой Отечественной войной объем валовой продукции промышленности Курской области вырос более чем в 10 раз против уровня 1913 г.

За время войны и фашистской оккупации народное хозяйство области серьезно пострадало, огромный урон был нанесен промышленности; в

результате восстановительных работ и строительства новых предприятий, объем валовой продукции промышленности в 1950 г. уже значительно превысил довоенный уровень. За 1946—1950 гг. структура промышленности области изменилась в сторону дальнейшего значительного увеличения удельного веса продукции машиностроения, металлообрабатывающей промышленности, а также легкой промышленности. Эти изменения в структуре промышленности в основном произошли за счет снижения доли ряда отраслей пищевой промышленности, которые не были еще полностью восстановлены за годы первой послевоенной пятилетки. Послевоенная структура валовой продукции промышленности Курской области характеризуется следующими показателями, относящимися к 1950 г. (табл. 3).

Таблица 3

Отрасли промышленности	В % к итогу
Машиностроение и металлообработка	38,6
Легкая промышленность	8,0
Пищевая „	33,0
в том числе сахарная	8,3
Промышленность строительных материалов	3,7
Прочие отрасли	16,7
Итого	100,0

Важнейшими изделиями промышленности Курской области в настоящее время являются: железный агломерат, паровые котлы небольшой мощности, нефтяные двигатели, генераторы мощностью до 100 квт, насосы центробежные и поршневые, вакуум-насосы, лесопильные рамы, рубильники, оборудование для мельниц и элеваторов, передвижные крупорушки, сверлильные станки, гидротормоза, арифмометры, шнуроплетельные машины, ботворезы, свеклоподкормки, торф, каучук, резино-технические изделия, фосфоритная мука, цемент, гипс, кирпич строительный, известь, мел молотый, шерстяные ткани, швейные изделия, обувь, кожа, сахарный песок, рафинад, масло растительное и животное, папиросы.

По некоторым видам промышленной продукции Курская область занимает весьма значительное место в продукции районов Черноземного Центра. Так, например, по производству транспортерных лент — более 50%, ремней текстропных — около 20% и ремней приводных — более 50%, по цементу более 15%. Большое место занимает Курская область в обозостроении, в производстве растительного масла, спирта-сырца, консервов, извести строительной и технологической, гипса; исключительно высоко производство мела. В производстве сахара-песка Курская область давала около 50% производства районов Центра.

В общей валовой продукции промышленности СССР Курская область продолжает занимать место более скромное, чем она занимает в производстве сахара, в добыче мела: валовая продукция промышленности Курской области составляет менее 1% валовой продукции промышленности СССР, производство сахара — около 10% общесоюзного производства сахара, добыча мела, вместе с Воронежской областью,— около 50% добычи его по СССР.

Значительно больше развилась промышленность соседней Воронежской области: в 1950 г. валовая продукция ее промышленности превысила в 2,5 раза объем валовой продукции Курской области за тот же год.

Основными отраслями промышленности Воронежской области являются, помимо пищевой, металлургия и машиностроение, химическая промышленность и промышленность строительных материалов.

На Липецком месторождении бурых железняков в первом пятилетии был построен новый доменный завод литейного чугуна — Ново-Липецкий. Старый завод «Свободный Сокол» был реконструирован, при нем создано производство чугунных труб, радиаторов и других изделий из чугуна.

В Липецке построен тракторный завод, другие машиностроительные заводы находятся в Воронеже. На старых и новых заводах в Воронеже производятся экскаваторы, мостовые конструкции, кузнечно-прессовое оборудование, станки, маломощные дизели, радиоприемники, оборудование для пищевой промышленности.

На базе завода синтетического каучука, построенного в Воронеже в первом пятилетии, создан целый ряд заводов резиновой промышленности — шинный, технических резиновых изделий, резиновой обуви, подошвенной резины и пр. В разных пунктах области построены заводы строительных материалов — огнеупоров, цементный, технического мела, гипсовый, трепальный комбинат, стекольный, охроплавильный, известковый.

В 20 км от Воронежа, на Латненском месторождении первоклассных огнеупорных глин, имеются Латненский и Семилукский заводы огнеупоров. Первый производит ответственные огнеупорные изделия, в том числе изделия огнеупорностью до 1770° для кладки лещади, горна и заплечиков больших доменных печей. На Семилукском заводе производится огнеупорный кирпич для сталеразливочных ковшей.

Объем валовой продукции промышленности Орловской области в 1950 г. составил лишь около 50% уровня продукции промышленности Курской области за тот же год.

В Орловской области наибольшее развитие получила легкая промышленность, машиностроение развито слабо: в Орле имеются завод текстильного и завод сельскохозяйственного машиностроения, в Ельце построены станкостроительный завод и завод гидроаппаратуры, в Ливнах — завод противопожарного оборудования.

В ближайшие 10—15 лет предстоит дальнейшее развитие производительных сил районов Курской магнитной аномалии — развитие их сельского хозяйства и промышленности.

Подавляющая часть задач, поставленных перед сельским хозяйством Постановлениями Совета Министров СССР и ЦК КПСС, принятыми в течение последнего периода подлежит разрешению и полеводческим сельским хозяйством Черноземного Центра: предстоит расширение посевов зерновых, со значительным увеличением посевов кукурузы, технических, масличных культур и ликвидация последствий шаблонного применения травопольной системы земледелия. Актуальной задачей сельского хозяйства района является повышение урожайности пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника, овощных и плодовых культур, подъем коноплеводства, развитие пригородного овощно-молочного хозяйства. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур обеспечит дальнейшее развитие пищевой промышленности края.

ПЕРСПЕКТИВЫ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Перспектива большого промышленного развития центральных черноземных областей уже с первой пятилетки связывалась с освоением железных руд Курской магнитной аномалии. Наличие огромных ресурсов железных руд в сочетании с исключительно выгодным географическим положением месторождений между Донбассом с его коксующимися углями, с одной стороны, и промышленными районами Центра с их мощ-

ной индустриальной культурой и огромной потребностью в металле — с другой, открывает широчайшие перспективы промышленного развития районов КМА.

Огромные ресурсы Курской магнитной аномалии должны быть использованы для организации производства металла в крупных масштабах, так как завоз металла из отдаленных районов в Центр уже в настоящее время определяется многими миллионами тонн. Кроме того, руды Курской магнитной аномалии необходимы для снабжения агломератом металлургических заводов Центрального района. Для обеспечения металлургического комбината рудой и флюсами в районе месторождений должна быть развита горнорудная промышленность, а для снабжения его коксом и коксовым газом — коксохимическая промышленность. В последней должно быть предусмотрено коксобензольное производство с глубокой химической переработкой всех побочных продуктов, что обеспечит большую гамму производств химических продуктов для самых разнообразных целей.

Кроме развития металлургической промышленности и сооружения крупного металлургического завода в районе КМА, на базе продукции этого завода должны получить серьезное развитие машиностроение и металлообработка. Конкретное развитие этих отраслей может быть представлено примерно следующим образом.

Первоочередной задачей является организация тех отраслей машиностроения, которые должны обслужить нужды самой металлургической промышленности и связанных с ней отраслей горнорудной и химической промышленности.

В связи с огромным развитием металлургического производства в районах Юга и Центра Европейской части страны представляется целесообразной организация новой базы производства разнообразных запасных частей и деталей для всех основных агрегатов металлургии и химической промышленности.

Экономические соображения требуют, чтобы производство запасных частей и ремонт оборудования для металлургических заводов производились на центральных базах, на которых при концентрации ремонта достигается полная загрузка всего оборудования и, в частности, загрузка крупных станков, необходимых для ремонта современного оборудования металлургических заводов. Такой завод целесообразно построить вблизи мощного металлургического завода, каковым явится завод на рудах КМА.

Учитывая крупный масштаб капитального строительства, особенно в области металлургической, горнорудной промышленности и промышленности строительных материалов, целесообразно предусмотреть в районе Курской магнитной аномалии сооружение завода по производству строительных машин и механизмов, а также дорожных машин и оборудования для огнеупорной и кирпичной промышленности.

В связи с сооружением предприятий тяжелой промышленности, коммунального и культурно-бытового строительства необходимо также предусмотреть строительство в указанном районе завода металлических конструкций.

Дальнейшее развитие в стране и, в частности, в районах Центральной Черноземной зоны отраслей пищевой промышленности, особенно сахарной, маслодельной и др., потребует соответствующего развития производства необходимых машин и оборудования, в связи с чем целесообразно организовать на базе металла нового металлургического завода крупное производство машин для сахарной, маслодельной, сыроваренной, макаронной, спиртовой и ликеро-водочной промышленности, а возможно

также производство оборудования для мельниц и крупяного производства.

Дальнейшая механизация отдельных отраслей сельского хозяйства требует расширения производства сельскохозяйственных машин и орудий, а также производства запасных частей к ним и целых узлов, в связи с чем целесообразно организовать в районе нового металлургического завода производство сельскохозяйственных машин и орудий, в первую очередь отвечающих нуждам сельскохозяйственных отраслей Центральной Черноземной зоны.

В связи с сооружением крупнейших предприятий в области металлургии, горнорудной и коксохимической промышленности, машиностроения и пищевой промышленности потребуется расширение производства строительных материалов, которое имеет на месте богатую и разнообразную сырьевую базу.

Как показывают соответствующие балансовые расчеты, промышленность строительных материалов должна вырасти примерно в 4—5 раз. Из наиболее крупных предприятий следует наметить строительство заводов доломитового кирпича, сводовых высокоогнеупоров и цемента. Кроме того, дальнейшее развитие будет иметь производство мела.

Для обеспечения промышленности и сельского хозяйства района тепловой и двигательной электроэнергией необходимо развитие электрохозяйств. Строительство собственных тепловых электростанций большой мощности должно осуществляться с учетом намеченной постановлением Правительства передачи в эти районы электроэнергии от строящейся мощной Сталинградской гидроэлектростанции. Передача в районы Центральной Черноземной зоны 1 млрд. 200 млн. квт-ч электроэнергии в год, которые составят более 60% расхода электроэнергии этих районов в настоящее время, обеспечит возможность дополнительного развития в крупных масштабах ряда отраслей промышленности, электрификации железнодорожного транспорта, снабжения электроэнергией некоторых отраслей сезонного характера, а также создаст нормальные условия работы и эксплуатации всей энергосистемы района.

Как видно из сделанного обзора, условия размещения будущего металлургического завода можно характеризовать следующим образом.

1. Размещенный на железорудном месторождении завод будет находиться в районе с благоприятными климатическими условиями, с густым населением и развитым сельским хозяйством.

2. Завод разместится на одной из важнейших железнодорожных магистралей страны, которая свяжет его с источниками топлива и крупнейшими промышленными центрами.

3. Завод не будет испытывать недостатка в воде.

4. Флюсовые известняки будут завозиться на завод из ближайших Воронежской или Орловской областей.

5. Не располагая на месте топливом, завод будет находиться к Донбассу ближе всех других металлургических заводов Центра, и примерно на том же расстоянии, на котором расположены от Донбасса металлургические заводы Кривого Рога и Приднепровья.

6. Завод будет строиться и эксплуатироваться в районе, надежно обеспеченном электроэнергией от крупнейшей государственной энергосистемы.

7. На небольшом расстоянии от района будущего строительства завода имеются производства ответственных металлургических огнеупоров для доменных и мартеновских печей. Район черноземного центра богат огнеупорными и строительными глинами.

8. Наличие в районе Курской магнитной аномалии месторождений фосфоритов позволит выплавлять на заводе доменный феррофосфор, если в этом представится необходимость.

9. В районе размещения завода развиты среднее машиностроение, резиновая промышленность, легкая, пищевая промышленность, промышленность строительных материалов. По своему центральному положению в стране, по транспортным, демографическим, климатическим условиям, по условиям обеспечения его электроэнергией район представляет интерес для дальнейшего развития в нем машиностроения на базе металлургического завода.

* *
*

Создание в центральных районах «большой» черной металлургии для сокращения перевозок в эти районы огромных масс металла подготовляется уже много лет. Строительство металлургического завода на базе ресурсов Курской магнитной аномалии явится одним из звеньев решения той экономической задачи, которая была поставлена В. И. Лениным еще в 1918 г. и сформулирована им как задача «...наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта» [1].

Необходимо форсировать работы по созданию сырьевой базы черной металлургии Центра и в первую очередь завершение работы по всестороннему изучению природных ресурсов районов Курской магнитной аномалии, а также района между Белгородом и Обоянью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсеньев А. Центрально-черноземный район. М., 1927.
2. Атлас мира, т. II, 1939.
3. Баранский Н. Н. Экономическая география СССР, М.—Л., 1953.
4. Белянкин Д. С. и Иванов Б. В. Материалы по изучению динаса и его сырьевой базы в СССР. М.—Л., 1938.
5. Введенский Г. К. Статистико-экономический обзор Курской губернии, Курск, 1926.
6. Воронежский государственный университет. Авторефераты докладов научной сессии. Воронеж, 1950.
7. 18-й съезд ВКП(б). Стенографический отчет. М., 1939.
8. Впереди времени. Курск, 1950.
9. За счет фабричной марки. Курск, 1952.
10. Козликов Ф. Промышленность Курской области, Курск, 1939.
11. Косцов П. и Копытин П. Пути промышленного развития ЦЧО. Воронеж, 1934.
12. Курская магнитная аномалия. Курск, 1948.
13. Курская область в цифрах. Курск, 1939.
14. Материалы по изучению вопроса о восстановлении хозяйства Центрально-Черноземной области под ред. А. Н. Татарчукова. Воронеж, 1926.
15. Материалы по районированию Центрально-Черноземной области. Воронеж, 1925.
16. Махлаев В. Г. Ископаемые богатства Орловской области. Орел, 1947.
17. Научная конференция по изучению и развитию производительных сил Воронежской области. Воронеж, 1940.
18. Неметаллические ископаемые СССР, т. 4, под ред. Д. С. Белянкина, М.—Л., 1941.
19. Огнеупоры. Справочник по огнеупорной промышленности, т. I, М., 1937.
20. Павлов М. А. Металлургия чугуна. М.—Л., 1944.
21. Павлов М. Я. География СССР, М.—Л., 1948.
22. Первому областному съезду по изучению производительных сил ЦЧО. Воронеж, 1930.
23. Петров В. Стройкам коммунизма. Воронеж, 1953.

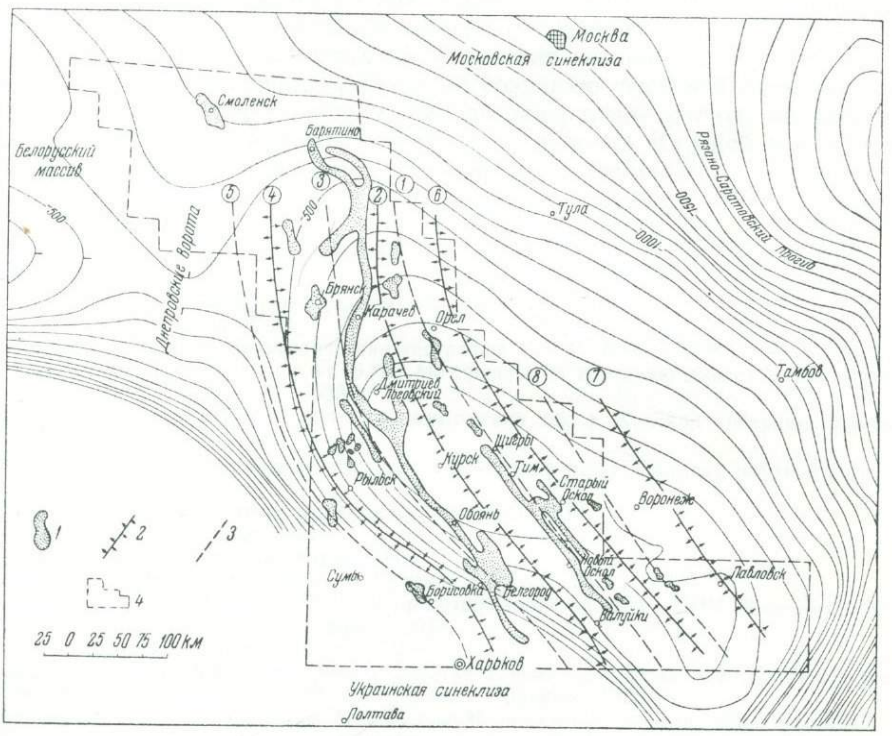
[1] В. И. Ленин. «Набросок плана научно-технических работ», т. 27, стр. 288—289.

24. Под знаменем Великого Октября, Орел, 1947.
25. Селевко К. С. Богатства недр Курской области. Курск, 1947.
26. Семихатов А. Н. Подземные воды русской платформы и перспективы их использования. Изв. АН СССР, серия геол., 1946, № 4.
27. Торфяной фонд РСФСР, М., 1946.
28. ЦЧО в системе производительных сил СССР. Под ред. И. М. Варгафтика. Воронеж, 1932.
29. Угли местного значения. Сборник статей под ред. М. М. Пригоровского. М.—Л., 1940.
30. Яковлев А. Г. Полезные ископаемые Воронежской области и опыт их использования в сельском строительстве. Воронеж, 1951.

Б. П. ЕПИФАНОВ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ИЗУЧЕНИЕ ЕЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Курские магнитные и гравитационные аномалии (КМА) приурочены к Воронежской антеклизе и уходят за ее пределы на территорию Московской и Украинской впадин Русской платформы. Хотя интенсивность аномалий по мере погружения докембрия значительно уменьшается, буре-



Фиг. 1. Схематическая карта Воронежской антеклизы (в изогипсах поверхности докембрия)

1—магнитные аномалии по данным аэромагнитных съемок 1947—1948 гг. 2—осевые линии антиклинальных зон. Цифры в кружках обозначают: 2 — Курскую, 4 — Рыльскую, 6 — Старооскольскую и 7 — Павловскую аномалии; 3—осевые линии синклинальных зон. Цифры в кружках обозначают: 1 — Тим-Щигровскую, 3—Белгородскую 5 — Борисовскую и 8 — Воронежскую синклинальные зоны; 4 — площадь аэромагнитных съемок 1947—1948 гг. Изогипсы поверхности докембрия проведены через 100 км

нием у северного затухания в районе с. Барятино (фиг. 1) доказано, что они здесь, как и в области неглубокого залегания докембрия, вызываются железистыми магнетитовыми кварцитами.

Практический интерес представляют аномалии в сводовой части антеклизы, где возмущающие массы и другие породы докембрия залегают на относительно небольшой глубине.

Воронежская антеклиза представляет крупный подземный выступ массива докембрийских пород, слагающих нижний структурный этаж (кристаллическое основание) платформы. Антеклиза расположена в южной части Средне-Русской возвышенности и ее юго-восточного окончания — Донского Белогорья. Район неглубокого залегания докембрия к востоку от р. Дон охватывает западную часть Калачской возвышенности. Наибольшие абсолютные отметки рельефа дневной поверхности в пределах антеклизы находятся к западу и юго-западу от Старого Оскола и составляют 260—270 м, наиболее высокие отметки поверхности на водоразделах — 218—220 м, а в долинах рек—около 100 м. Отметки ложа долины р. Дон, при пересечении ею сводовой части антеклизы у г. Павловска, равны 60—65 м.

Вместе с Белорусским массивом Воронежская антеклиза образует юго-западное и южное ограничение Московской синеклизы и отделяет последнюю от Украинской синеклизы и Донецкой складчатой системы. Абсолютные отметки поверхности докембрия в сводовой части антеклизы на значительной площади выше нуля, а местами достигают плюс 100 м и более. Наибольшие высоты поверхности докембрия находятся у северо-западного окончания сводовой части антеклизы, в районе г. Дмитриев-Льговский. Блок докембрийских пород, составляющих Воронежскую антеклизу, приподнят в своей сводовой части относительно ложа Московской синеклизы более чем на 2000 м, а ложе Украинской синеклизы опущено относительно той же сводовой части более чем на 5000 м.

На северо-востоке Воронежская антеклиза ограничена Рязано-Саратовским прогибом, соединяющим Московскую и Прикаспийскую синеклизы и отделяющим Воронежскую антеклизу от Волго-Уральского свода и так называемого Токмовского выступа (район г. Саранска). На северо-западе и западе Воронежская антеклиза ограничена прогибом, отделяющим ее от Белорусского массива и представляющим сочленение Московской и Украинской синеклиз. Этот прогиб имеет форму седловины, его можно назвать Днепровским прогибом или Днепровскими воротами. На востоке докембрийские породы, слагающие Воронежскую антеклизу, уходят под Доно-Медведицкое поднятие и Сталинградскую флексуру, а затем — в недра Прикаспийской синеклизы.

Изображение Воронежской антеклизы на карте в изогипсах кровли докембрия (фиг. 1) только в очень общих чертах отражает действительную ее форму. Однако имеющиеся материалы позволяют наметить некоторые основные особенности внешней формы антеклизы.

В о - п е р в ы х, отчетливо видна вытянутость антеклизы в западно-северо-западном направлении параллельно Азовско-Подольскому щиту. Белорусский массив располагается на продолжении сводовой части Воронежской антеклизы.

В о - в т о р ы х, хорошо видна асимметрия склонов антеклизы. Северо-восточный и северный склоны антеклизы, в сторону Московской синеклизы, относительно пологие; юго-западный и южный склоны, в сторону Украинской синеклизы, крутые, с быстрым погружением докембрия на значительную глубину.

В - т р е т ь и х, общая форма антеклизы только местами обнаруживает непосредственную связь с внутренним строением массива докембрийских пород. В большей части, особенно на северо-западе и юго-востоке, контуры антеклизы в плане пересекают простирания докембрийских пород, которые обнаруживаются направлением полос магнитных аномалий.

Внутреннее строение антеклизы до сих пор изучено еще меньше, чем ее внешняя форма. Это относится ко всем основным элементам ее геологического строения: стратиграфии, тектонике и магматизму.

Выделяемые со времени первого пересечения докембрийских пород буровыми скважинами в районе г. Щигры три так называемых отдела докембрия не исчерпывают всего комплекса осадочно-метаморфических толщ, слагающих антеклизу. Иначе говоря, стратиграфия докембрия антеклизы остается еще малоизвестной. Тектоника докембрия до сих пор выявлена, с одной стороны, лишь в самых общих чертах, а с другой — в некоторых деталях, касающихся строения только полос развития магнетитовых кварцитов. В частности, остаются неизвестными на территории Курской магнитной аномалии тектонические соотношения между толщей железистых кварцитов (средним отделом) и покрывающими их породами верхнего отдела. Гранитные интрузии, установленные в отдельных пунктах, и характер их контактовых полей не представляют всего разнообразия интрузивных пород, которые должны быть в толщах докембрия антеклизы, и не отражают всей сложности и многообразия их взаимоотношений с осадочно-метаморфическими толщами и тектоническими структурами.

В то же время бесспорно, что во внутреннем строении Воронежской антеклизы должны быть и действительно наблюдаются некоторые общие черты с другими крупными положительными тектоническими структурами Русской платформы — Балтийским и Украинским щитами. Эти общие черты частично уже обнаружены во всех основных элементах геологического строения, что не только позволяет, но и обязывает при оценке перспектив и всякого рода прогнозах пользоваться методом аналогий.

Наиболее важным из основных элементов геологического строения является тектоника, а для Воронежской антеклизы этот элемент строения изучен несколько лучше других. Так же как на Балтийском и Украинском щитах, здесь можно выделить положительные и отрицательные структуры, которые чередуются друг с другом и располагаются приблизительно параллельно друг другу. Положительные и отрицательные структуры Воронежской антеклизы представляют очень сложно построенные антиклинальные и синклинальные зоны, причем к синклинальным зонам приурочены полосы магнитных и гравитационных аномалий.

В настоящее время установлены следующие крупные тектонические зоны внутри Воронежской антеклизы.

1. Северо-восточная (Тим-Щигровская) синклинальная зона.
2. Центральная (Курская) антиклинальная зона.
3. Юго-восточная (Белогорская) синклинальная зона.

Строение перечисленных зон, по имеющимся до сих пор материалам, описано в статьях Н. А. Плаксенко и А. А. Прозоровского, помещенных в настоящем сборнике.

Очень важной особенностью тектоники изученных районов Курской магнитной аномалии является общий наклон осей складчатых сооружений к северо-западу, что подтверждает отсутствие крупных разломов по южному борту Московской синеклизы.

Помимо перечисленных трех бесспорно установленных тектонических зон, в настоящее время в пределах Воронежской антеклизы можно предположительно наметить еще пять тектонических зон.

1. Рыльскую антиклинальную зону (к юго-западу от Белгородской синклинальной зоны).
2. Борисовскую синклинальную зону (к юго-западу от Рыльской антиклинальной зоны).

3. Старооскольскую антиклинальную зону (к северо-востоку от Тим-Щигровской синклинальной зоны).

4. Павловскую антиклинальную зону (крайнюю восточную).

5. Воронежскую синклинальную зону (между Старооскольской и Павловской антиклинальными зонами).

Существование Рыльской и Старооскольской антиклинальных зон можно считать бесспорным. Также можно почти не сомневаться, что району г. Павловска соответствует антиклинальная зона.

Борисовская синклинальная зона намечается по линии, соединяющей Борисовскую аномалию с Улановской (расположенной к юго-западу от г. Рыльска).

Наименее обоснованной фактическими данными из перечисленных выше предполагаемых тектонических зон является Воронежская синклинальная зона. Она намечается по отдельным «вспышкам» аномалий, выявленным аэромагнитными исследованиями западнее г. Павловска, а также на том основании, что ширина Старооскольской и Павловской антиклинальных зон вместе, если их не разделяет синклинальная зона, оказывается слишком большой. К сожалению, при аэромагнитных съемках 1947—1948 гг. интересующая нас площадь была заснята неполностью.

Из предположительно намеченных тектонических зон особый интерес представляют синклинальные зоны, как еще не изученные области возможного развития железистых кварцитов и богатых железных руд. Особенно большое значение имело бы открытие Воронежской синклинальной зоны, которая намечается в области неглубокого залегания докембрия.

Изучение имеющихся материалов позволяет выделить в истории возникновения и развития Воронежской антеклизы два крупных этапа:

а) докембрийский (точнее, дорифейский);

б) последокембрийский (точнее, послекарельский).

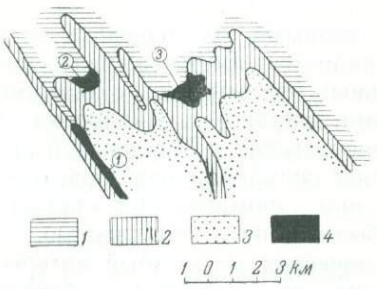
В дорифейский этап история развития района Воронежской антеклизы мало отличалась от истории развития районов Балтийского и Азовско-Подольского (Украинского) щитов. На этом этапе происходило формирование (в своеобразных геосинклинальных условиях) осадочных и магматических пород докембрия, большая часть которых в настоящее время сильно метаморфизована. Этот весьма длительный и сложный этап развития завершился карельской складчатостью и крупными поднятиями с образованием на месте Русской платформы и, в частности, на месте Воронежской антеклизы горноскладчатой страны. Этот этап развития зафиксирован в составе и строении докембрийских масс, слагающих антеклизу. Для детального анализа этого этапа степень изученности докембрия в районе Воронежской антеклизы еще далеко не достаточна.

На этом этапе происходило накопление осадочных пород, составляющих толщи железистых кварцитов и могущих содержать другие полезные ископаемые осадочного цикла.

Одним из наиболее важных для понимания дорифейского этапа развития Воронежской антеклизы вопросов является вопрос о времени и последовательности тектонических движений. Эти движения происходили не в один, а в несколько этапов. В частности, на Воронежском массиве можно предположить складчатые движения и крупные поднятия после отложения толщи железистых кварцитов и резко несогласное налегание на них пород верхнего отдела докембрия. Об этом можно судить хотя бы на основании анализа геологической карты докембрия района Курской магнитной аномалии (фиг. 2). На этой карте хорошо видно, что линия, изображающая лежачий бок толщи пород верхнего отдела, пересекает структурные линии пород среднего отдела (железистых кварци-

тов),которые, как известно, интенсивно дислоцированы с основным простиранием осевых линий складок в северо-западном направлении. То же можно сказать и по аналогии с Украинским щитом, где породы верхнего отдела криворожской серии лежат с резким несогласием на породах среднего отдела той же серии.

В связи с этим следует допустить в области Воронежской антеклизы развитие коры выветривания на поверхности железистых кварцитов до отложения сланцев верхнего отдела, а также возможность накопления осадочных железных руд во время отложения этих сланцев или других пород верхнего отдела за счет возникшей до этого коры выветривания. На этом же этапе был завершен метаморфизм пород докембрия и могли образоваться различные рудные месторождения, происхождение которых возможно в связи с магматическими процессами. В это же время, очевидно, происходило образование богатых железных руд в виде упомянутой выше коры выветривания на железистых кварцитах (до отложения сланцев верхнего отдела), а также образование осадочных железных руд вместе с толщей сланцев верхнего отдела.



Фиг. 2. Схематическая геологическая карта докембрия Старооскольского узла аномалий (по И. А. Русиновичу)

1—породы верхнего отдела; 2—породы среднего отдела (железистые кварциты); 3 — породы нижнего отдела; 4 — залежи богатых руд

Цифры в кружках обозначают:

1 — Салтыковскую, 2 — Коротковскую, 3 — Лебединскую залежи

В рифейское время и перед отложением сланцев верхнего отдела происходило интенсивное рузрушение возникших ранее горноскладчатых сооружений и накопление вокруг них, в частности на Южном Урале и Тимане, а может быть и в Московской синеклизе, осадочных толщ рифея. В результате к началу палеозоя докембрийские горные сооружения в основном были снивелированы и этим как бы завершилось формирование Русской платформы как таковой. Таким образом, уже в дорифейское время могло начаться формирование известных ныне богатых остаточных руд Курской магнитной аномалии.

В нижнем палеозое (если не ранее) началось формирование Московской синеклизы и обособление Южно-Русского поднятия кристаллического основания платформы. В это время Украинской синеклизы еще не существовало, и Воронежская антеклиза составляла единое целое с Азовско-Подольским щитом. Область Южно-Русского поднятия, вместе с районом Воронежской антеклизы, продолжала подвергаться денудации с дальнейшим выравниванием рельефа. В девоне началось формирование Украинской синеклизы и продолжалось дальнейшее развитие Московской синеклизы. Обособление Воронежской антеклизы как самостоятельного тектонического элемента Русской платформы впервые произошло в девоне. Последующая длительная и сложная история Воронежской антеклизы характеризуется преобладающей тенденцией к поднятию. Воронежская антеклиза все это время разделяла Московскую и Украинскую синеклизы; в некоторые, небольшие по времени периоды она представляла частично или полностью область суши, в другие же периоды могла заливаться мелководным морем. История развития антеклизы в послерифейское (и особенно в после-нижнепалеозойское) время зафиксирована в составе и строении чехла осадочных пород, покрывающих антеклизу. До некоторой степени эта история изучена А. А. Дубянским. Однако в на-

стоящее время требуется новый анализ этой истории в связи с вновь полученными материалами.

Со вторым (послекарельским) этапом развития антеклизы обычно связывается образование богатых остаточных и переотложенных железных руд Курской магнитной аномалии.

В настоящее время окончательно установлено большое промышленное значение железных руд курских магнитных аномалий.

Однако с достаточным основанием можно высказать уверенность, что до сих пор вскрыты еще далеко не все практические возможности, связанные с неглубоким залеганием докембрия в центральных областях СССР. Это относится как к железным рудам, так и к другим полезным ископаемым, здесь еще не обнаруженным.

Объясняется такое положение охарактеризованной выше весьма слабой изученностью геологии Воронежской антеклизы.

К началу первой послевоенной пятилетки практическое освоение железных руд Курской магнитной аномалии находилось в следующем положении.

1. Бурением и геофизическими работами было установлено наличие огромного количества железистых магнетитовых кварцитов, но ни один из участков с кварцитами не был разведан и подготовлен к эксплуатации.

2. Были разведаны значительные запасы богатых остаточных мартитовых руд, залегающих в сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, организована их опытная эксплуатация подземным путем (Коробковский участок) и составлены проекты их открытой разработки (Лебединский участок).

3. Вопросы рудоподготовки (обогащения) как железистых кварцитов, так и богатых руд были разрешены положительно только в лабораторных условиях.

4. Проблема возможности наличия в пределах Воронежской антеклизы богатых руд криворожского типа или остаточных руд, залегающих в более благоприятных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, не была разрешена ни теоретически, ни практически.

В 1947 г. Министерством геологии был разработан Генеральный проект изучения железных руд Курской магнитной аномалии. В этом же проекте был сведен и проанализирован весь геологоразведочный материал по КМА и установлены основные направления геологоразведочных работ на ближайшие годы.

Генеральным проектом были приняты следующие основные направления работ.

1. Изучение стратиграфии и общей тектонической структуры района Курской магнитной аномалии путем составления схематической геологической карты докембрия как основы для последующих стадий геологоразведочных работ.

В связи с этим направлением, в качестве первого этапа, намечалось бурение по двум поперечным профилям с охватом всех промежуточных зон между известными полосами железистых кварцитов в области развития нижнего и верхнего отделов докембрия.

2. Изучение состава и строения среднего отдела докембрия (железистых кварцитов) и фациальных изменений внутри этого отдела по падению и простиранию.

В связи с этим направлением намечалось организовать бурение на всех полосах железистых кварцитов с получением полного разреза среднего отдела по каждой полосе.

Это направление работ в практическом отношении связывается, с одной стороны, с выявлением участков более высококачественных или легко

обогатимых железистых кварцитов, с другой — с поисками богатых железных руд криворожского типа.

3. Поиски и разведка месторождений богатых руд старооскольского типа (остаточных), залегающих в более благоприятных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, в частности под устойчивой кровлей осадочных пород девона.

4. Детальная разведка отдельных участков железистых кварцитов с целью обеспечения промышленными запасами намечаемых к строительству рудников.

24—25 февраля 1948 г. состоялось заседание Технического совета Министерства геологии СССР по рассмотрению основных положений генерального проекта. В докладе Б. П. Епифанова Техническому совету, в дополнение к перечисленным выше направлениям работ, было выдвинуто еще одно направление, задачи которого были сформулированы следующим образом.

«Разбуривание отдельных пунктов магнитных аномалий, в частности, пунктов интенсивных гравитационных аномалий при пережимах или полном отсутствии магнитных аномалий».

В своем решении Технический совет принципиально одобрил все направления работ, предложенные Генеральным проектом, но, имея в виду ближайшие два-три года, исключил полностью первое из перечисленных выше направлений, а второе направление работ нашло отражение в решении Технического совета только частично.

В течение 1948—1952 гг. в районе Курской магнитной аномалии были проведены огромные по объему геологоразведочные работы с вложением значительных средств.

В результате этих работ было осуществлено следующее.

1. Детально разведаны большие запасы железистых кварцитов, что позволило приступить к строительству крупных рудников.

2. Построен опытный рудник по добыче кварцитов и опытная фабрика, выпускающая высококачественный железорудный агломерат, переплавляемый на металлургических заводах.

3. Значительно продвинулось вперед освоение богатых остаточных руд, хотя они еще не эксплуатируются.

Промышленное будущее районов Курской магнитной аномалии в отношении железных руд огромно. В настоящее время задачи изучения КМА могут быть поставлены значительно шире, чем раньше.

В число намечаемых работ должны войти исследования по проверке наличия и вскрытию новых зон развития железистых кварцитов, в частности, в районе намеченной выше Воронежской синклинальной зоны. Здесь в ближайшее время необходимо поставить соответствующие исследования. При этом должны быть учтены, в числе других, два обстоятельства:

1) вследствие возможного более глубокого древнего денудационного среза в Воронежской синклинальной зоне могли сохраниться только корни синклинальных складок с железистыми кварцитами; массы этих кварцитов могут оказаться относительно меньшими, чем на других полосах;

2) по той же и другим причинам значительная, если не большая, часть этих кварцитов могла быть окислена с превращением магнетитовых кварцитов в мартитовые или в богатые железные руды.

Поэтому характер магнитного и гравитационного полей в пределах предполагаемой Воронежской синклинальной зоны не обязательно должен быть таким же, как на других аномальных полосах.

В настоящее время по-иному может быть сделан и геологический прогноз по поискам богатых железных руд Курской магнитной аномалии.

Известно, что до сих пор богатые остаточные железные руды КМА (руды старооскольского типа) считались генетически совершенно отличными от богатых железных руд Кривого Рога. Это обстоятельство заставляло рассматривать старооскольские руды как совершенно своеобразные, свойственные только районам КМА. В настоящее время успешно развивается теория гипергенного (поверхностного) образования богатых руд Кривого Рога. По всем нашим наблюдениям, по крайней мере для некоторых типов богатых железных руд Кривого Рога, эта теория безусловно является правильной. Таким образом, в генетическом отношении богатые остаточные руды Курской магнитной аномалии (старооскольского типа) оказываются не каким-то исключительным явлением, а аналогами некоторых типов давно известных богатых руд Кривого Рога. Представление об особом характере богатых руд КМА служило серьезным препятствием для правильного понимания природы этих руд.

Другим и еще более серьезным препятствием для правильного понимания природы остаточных богатых руд КМА старооскольского типа до сих пор являются неправильные представления о времени процессов рудообразования, иначе говоря, — неправильное представление о возрасте той коры выветривания, с развитием которой связано образование руд Курской магнитной аномалии старооскольского типа. Сначала богатые руды КМА были вскрыты под верхнеюрскими породами и возраст процессов рудообразования принимался как предъюрский; после открытия богатых руд под нижнекаменноугольными визейскими породами (Новооскольский участок) возраст процессов рудообразования стал приниматься как каменноугольный. И. А. Русинович относит образование этих руд к щигровскому времени верхнего девона.

Однако более строгий анализ геологической истории и известных фактов позволяет сделать вывод, что процессы рудообразования, в результате которых возникли руды Курской магнитной аномалии старооскольского типа, не могли происходить в палеозое так же, как и в мезозое. Палеогеографическая обстановка области Воронежской антеклизы в течение палеозоя, включая нижнекаменноугольное время, была неблагоприятной для образования подобного типа коры выветривания.

В нижнекаменноугольное время Воронежская антеклиза в отдельные моменты представляла область суши, но далеко не полностью и в течение относительно коротких промежутков времени. Кроме того, если в это время здесь и возникала кора выветривания, то она должна была бы нести на себе следы тех своеобразных условий, которые известны для каменноугольного периода в соседних районах — Подмосковном и Донецком бассейнах.

В течение среднего и верхнего девона только отдельные участки антеклизы и, очевидно, на короткий срок поднимались выше уровня моря. Возможность образования мощной коры выветривания в области антеклизы в это время трудно допустить. Наоборот, в составе девонских отложений этого времени есть признаки, указывающие на то, что в девоне происходил размыв богатых железных руд Курской магнитной аномалии.

Остается нижний девон и нижний палеозой. Но об истории Воронежской антеклизы в указанное время судить очень трудно, так как соответствующие осадки здесь отсутствуют. Можно предполагать, что в нижнем девоне и нижнем палеозое Воронежская антеклиза длительное время представляла область суши. Однако в характере осадков нижнего палеозоя, которые накапливались в это время в Московской синеклизе, не видно признаков их образования за счет разрушения железистых кварцитов или их коры выветривания. Поэтому можно допустить, что в нижнем девоне и палеозое сводовая часть Воронежской антеклизы могла

быть сложена песчано-сланцевыми и карбонатными породами верхнего отдела докембрия. Конечно, полностью отрицать, по имеющимся сейчас материалам, возможности образования коры выветривания в области Воронежской антеклизы в течение нижнего девона и нижнего палеозоя еще нельзя, но какие-либо доводы и факты в пользу такого предположения отсутствуют.

Соображения общегеологического порядка приводят нас к выводу, что кора выветривания на поверхности железистых кварцитов, с развитием которой связано образование богатых железных руд Курской магнитной аномалии, не могла возникнуть в палео-мезозойское время; она, скорее всего, должна быть более древней — протерозойской. В нижне-мезозойское время возникшие в протерозое богатые железные руды КМА могли только разрушаться, особенно в девоне, карбоне, триасе и до верхней юры, а частично может быть и в меловое время.

Вывод о протерозойском возрасте остаточных богатых руд Курской магнитной аномалии находит себе подтверждение также при сравнении этих руд с железными рудами Кривого Рога, в частности, района южного замыкания основного синклинала Криворожского бассейна (Валявка, балка Галахова).

Можно легко убедиться, что по всем своим основным признакам руды Коробковского и Лебединского участков Курской магнитной аномалии не отличаются от указанных руд Кривого Рога. Сходство это проявляется в морфологии рудных залежей (например, «сосули» в почве руды и пр.), текстуре и структуре руд и в их минералогическом составе. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить, например, Коробковскую залежь с основной залежью Екатерининской синклинали по западному склону Ингулецкого антиклинала (разрезы по осям 80, 83, 86). Некоторые отличия (например, присутствие в указанных рудах Кривого Рога магнетита) хорошо объясняются различиями в геологических условиях залегания.

Приняв протерозойский возраст остаточных богатых руд Курской магнитной аномалии и зная, что они представляют кору выветривания железистых кварцитов, нетрудно перейти к прогнозу по поискам, если не всех, то одного из типов богатых железных руд в пределах Воронежской антеклизы. Совершенно очевидно, что эти руды надо искать здесь под породами верхнего отдела докембрия, у контакта этих пород с толщами железистых кварцитов.

Придя к такому практическому выводу, следует обратиться к фактическому материалу по условиям залегания известных месторождений богатых руд КМА. При этом выясняются крайне важные обстоятельства.

1. Три известных наиболее крупных месторождений богатых руд Курской магнитной аномалии — Коробковское Лебединское и Салтыковское, как это видно на геологической карте (фиг. 2), приурочены в плане к контакту железистых кварцитов со сланцами верхнего отдела докембрия.

2. Все указанные месторождения приурочены к участкам прогибания внутри общей синклинальной зоны, располагаясь у выступов к югу контура сланцев верхнего отдела.

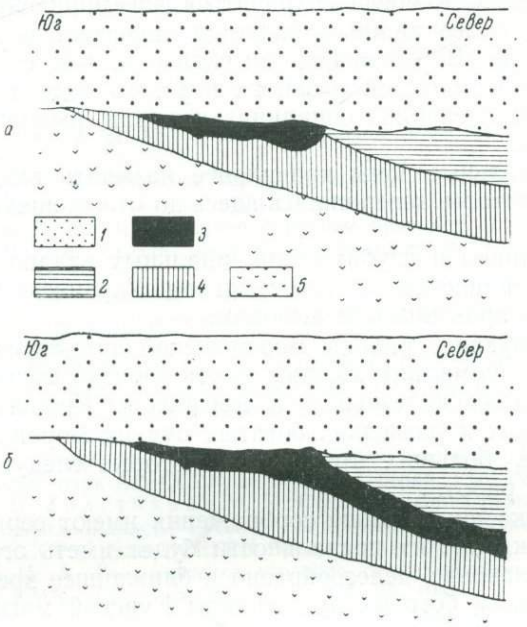
При изучении планов расположения рудных залежей Коробковского и Лебединского участков более крупного масштаба (1 : 5000) можно убедиться в следующем:

1) заметен общий наклон рудных залежей на север, в сторону погружения оси синклинальной зоны, и общее увеличение мощности руды в том же направлении;

2) в скважинах северного контура залежей, вблизи контакта со сланцами верхнего отдела, наблюдаются большие мощности руды (до 25 м на Лебединском участке);

3) вдоль северного контура этих рудных залежей отсутствуют скважины, которые прошли бы полностью сланцы верхнего отдела.

Таким образом, оказывается, что ни одно из теоретических соображений и ни один из известных фактов по условиям залегания и разведан-



Фиг. 3. а — схема условий залегания богатых руд Коробковского и Лебединского участков, как она рисуется в настоящее время

б — схема условий залегания богатых руд Коробковского и Лебединского участков, какой она представляется автору

1 — рыхлые осадочные породы; 2 — породы верхнего отдела докембрия; 3 — богатые железные руды; 4 — породы среднего отдела докембрия (железистые кварциты); 5 — породы нижнего отдела докембрия

ности остаточных богатых руд Курской магнитной аномалии не противоречат предположению о возможности залегания этих руд под сланцами верхнего отдела докембрия.

Некоторые сомнения в этом отношении могут быть высказаны в связи с тем, что нам до сих пор достоверно не известно, был ли континентальный перерыв между накоплением железистых кварцитов и сланцев верхнего отдела. Однако, как это указывалось выше, у нас есть серьезные основания допустить такую возможность.

Исходя из всего изложенного выше, мы в настоящее время можем изобразить общие залегания железных руд Коробковского и Лебединского участков совсем не такими, какими они рисовались до сих пор (фиг. 3).

Выше неоднократно подчеркивались общие черты в строении и развитии Воронежской антеклизы с Украинским и Балтийским щитами.

Однако не менее важны и черты отличия, существующие между ними. Эти черты отличия относятся как к докембрийскому, так и к палеозойскому этапам развития. К сожалению, различия в докембрийском этапе нам почти не известны, хотя они безусловно имеются и могут иметь большие практические последствия. Что касается различий в мезозойском этапе развития, то в их основе лежит меньшая тенденция к поднятию у Воронежской антеклизы в целом по сравнению с Украинским, а тем более Балтийским щитами. Поэтому на Воронежской антеклизе под палеозоем и мезозоем могла сохраниться докембрийская кора выветривания. Гораздо более важным является значительно меньший денудационный срез на Воронежской антеклизе и, как следствие, большая сохранность здесь областей развития верхнего отдела докембрия, т. е. большая ширина и глубина синклинальных зон, выполненных породами верхнего отдела.

Эти синклинальные зоны правильнее называть впадинами, так как основная складчатость завершилась здесь до отложения сланцев верхнего отдела.

Бóльшая ширина и глубина синклинальных впадин на Воронежской антеклизе, по сравнению с таковыми на Украинском щите, приводит к очень важным практическим выводам:

1) соответствующие районы Воронежской антеклизы (область Курской магнитной аномалии) должны иметь гораздо бóльшие перспективы по запасам богатых железных руд, чем районы Кривого Рога;

2) при поисках и разведках богатых руд на Воронежской антеклизе можно ожидать больших трудностей, которые следует учитывать при проектировании работ.

Так как высказанные выше соображения имеют серьезные обоснования, а подтверждение их правильности будет иметь огромное народнохозяйственное значение, целесообразно в ближайшее время организовать работы по поискам богатых руд области Курской магнитной аномалии в указанном направлении. Очевидно, будет целесообразно эти работы провести в два этапа.

Первый этап — проверка правильности предположения о возможности наличия богатых руд под породами верхнего отдела и в сланцах верхнего отдела докембрия.

Второй этап — организация поисковых и разведочных работ (при положительных результатах первого этапа).

На первом этапе следует пройти по два — три профиля буровых скважин непосредственно к северу от известных Коробковского и Лебединского месторождений КМА. Эти профили можно пройти или в широтном или в меридиональном направлении, от известных рудных скважин у северного контура залежей к «безрудным» скважинам на сланцах верхнего отдела (например, от скв. № 397 к скв. № 328 Лебединского участка).

На втором этапе, помимо буровых работ, необходимо организовать широкие геофизические исследования (сейсмика и электроразведка) для выяснения глубин впадин в области развития пород верхнего отдела и гипсометрии поверхности железистых кварцитов в этих впадинах.

Таковы соображения, которые могут быть высказаны в отношении поисков богатых руд на Воронежской антеклизе, в свете анализа имеющихся в настоящий момент материалов.

Важным этапом в деле изучения и промышленного освоения богатств Курской магнитной аномалии является организованная по решению Совета Министров СССР в 1951 г. постоянная горно-геологическая станция АН СССР.

Своеобразие данного этапа в исследованиях Курских магнитных аномалий заключается в значительном отставании широких обобщений от геологических данных, полученных во время геологоразведочных и поисковых работ. Поэтому в настоящей статье дальнейшие задачи по изучению Воронежской антеклизы могли быть намечены только в общих чертах.

Для разработки плана дальнейших исследований, уточнения их системы и методики совершенно необходима полная сводка и обобщение всех геофизических и геологических материалов, накопившихся за послевоенные годы.

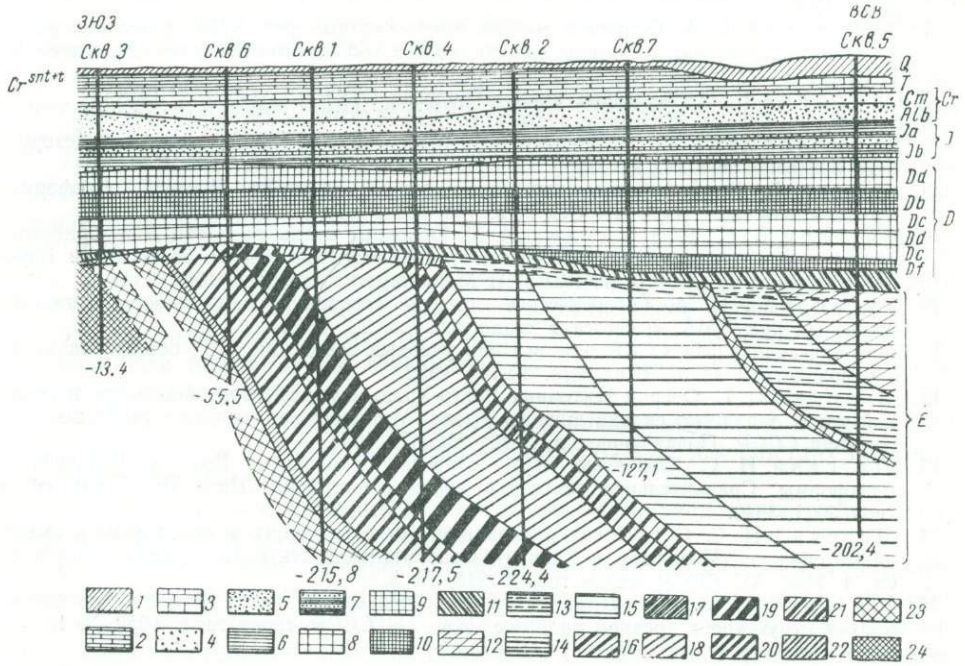
ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. М.—Л., 1941.
2. Дикенштейн Г. Х. Основные черты структуры западной части Русской платформы в нижнем палеозое. Бюлл. МОИП, отдел геологии, т. XXVIII (4), 1953.
3. Фон Дитмар Н. Ф. Исследование бурением причин Курской магнитной аномалии. Труды I Всеросс. съезда деятелей по практической геологии и разведочному делу. 1908.
4. Дубянский А. А. Основной массив высокосортных руд КМА должен залегать в юго-западной части Воронежского горста. «Социалистическое строительство ЦЧО». 1 1—2. 1934.
5. Епифанов Б. П. Железные руды. «Геология СССР», т. IV, ч. 2, 1948.
6. Епифанов Б. П. Железные руды. «Геология СССР», т. IV, ч. II, 1949.
7. Каниболоцкий П. М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна. АН УССР, 1946.
8. Келлер Б. М. Рифейские отложения краевых прогибов Русской платформы. Труды Ин-та геол. наук АН СССР, в. 109, геол. серия, 1952, № 37.
9. Митгорц Б. Б., Толстихина М. М. Основные этапы развития докембрийского фундамента в западной части Русской платформы. Материалы по геологии Европейской части СССР. Труды ВСЕГЕИ Министерства геологии, 1952.
10. Русинович И. А. Геологическое строение северо-восточной полосы и генезис железных руд КМА. «Советская геология». Сб. 28, 1948.
11. Тектоническая карта СССР для высших учебных заведений. Под общей редакцией и руководством Н. С. Шатского. ГУГК, 1952.
12. Шатский Н. С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона южного Урала. Материалы к познанию геологического строения СССР. Новая серия, в. 2 (6) МОИП, 1945.
13. Шатский Н. С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Сравнительная тектоника древних платформ. Изв. АН СССР, серия геол. № 1, 1946.
14. Шатский Н. С. О глубоких дислокациях, охватывающих и платформы и складчатые области (Поволжье и Кавказ). Сравнительная тектоника древних платформ. Ст. 4. Изв. АН СССР, серия геол., 1948, № 5.
15. Шатский Н. С. О древних отложениях осадочного чехла Русской платформы и об ее структуре в древнем палеозое. Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 1.

Н. Г. ШМИДТ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КМА И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ

Курские магнитные аномалии расположены в пределах западного крыла Воронежской антеклизы. Геологическое строение КМА характеризуется наличием двух, различных по составу и условиям залегания, комплексов пород (фиг. 1): 1) интенсивно-складчатого кристаллического



Фиг. 1. Разрез через Щигровское месторождение по I разведочной линии в направлении ЮЗ—СВ

1 — послетретичные отложения; 2 — сантон; 3 — турон; 4 — сеноман; 5 — альб; 6—7—юра; 8—11 — девон, докембрийские отложения; 12 — кристаллические известняки; 13 — то же с прослоями биотитовых сланцев; 14 — известково-биотитовые сланцы с прослоями известняков; 15 — биотитовые сланцы; 16 — железистые кварциты — 1-й горизонт; 17—то же 2-й горизонт; 18 — то же 3-й горизонт; 19 — то же 4-й горизонт; 20 — то же 5-й горизонт; 21—то же 6-й горизонт; 22—то же 7-й горизонт; 23—двуслюдяные и хлоритовые сланцы; 24 — те же сланцы, чередующиеся с гнейсами. Пунктиром показан выветрелый горизонт

основания докембрийского возраста (смятые в складки докембрийские породы залегают с крутыми углами падения 60—90°), представленного железистыми кварцитами, кристаллическими сланцами и известняками, гнейсами и прорывающими эти породы интрузиями; 2) осадочной толщи (почти горизонтального залегания), трансгрессивно покрывающей до-

кембрийские породы и представленной палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями [1, 3].

Железистые кварциты, относящиеся к среднему отделу докембрия, представляют собой вытянутые в северо-западном направлении структуры, на головах которых залегают богатые руды.

Наименьшие глубины залегания докембрийского фундамента (от 40 до 175 м), расположенные по линии Михайловка — Фатеж — Курск — Тим — Старый Оскол, намечают ось сводового поднятия КМА.

К северу и северо-востоку от центральных районов КМА, в районе г. Дмитриева-Орловского, толща метаморфических пород погружается до 400 м (по геофизическим данным). Особенно быстрое погружение кристаллического фундамента отмечается на южном и юго-западном крыльях поднятия в направлении к Днепровско-Донецкой впадине. Так, в районе г. Обояни глубина докембрийских пород достигает 350 м, южнее, в районе с. Яковлево, — 500 м.

В центральной части КМА, соответствующей своду поднятия, непосредственно на докембрийских породах залегают юрские отложения. В северной и северо-восточной части КМА на докембрийском фундаменте залегают девонские отложения, а в южных и юго-западных районах — каменноугольные. В девонских и каменноугольных породах отсутствуют значительные толщи известняков.

Постановка поисково-разведочного бурения на территории КМА с целью разведки пластов железистых кварцитов и богатых руд, залегающих под мощной толщей осадочных пород, не целесообразна без специальных геофизических исследований.

Направление геофизических исследований на территории КМА определялось и менялось в соответствии с конкретными задачами, ставящимися перед геофизической службой КМА.

До Великой Октябрьской социалистической революции, с момента открытия КМА в 1784 г., геофизические исследования сводились к изучению магнитного поля и выявлению аномальных участков. В результате этих работ было установлено наличие двух аномальных полос: Северной, тянущейся от Дмитриевского района Орловской области через Курский, Щигровский и Старооскольский районы Курской области к границам Воронежской области, и южной, прослеженной от Обоянского района через Белгородский, к Харьковской области [10, 12, 13]. Причины, создавшие столь обширные и интенсивные аномалии, оставались в то время неизвестными.

С 1919 по 1926 г., по инициативе В. И. Ленина, изучение КМА проводилось Особой комиссией по исследованию КМА. Тогда были выполнены магнитометрические, гравиметрические и буровые работы.

Результатом этих работ явилось следующее.

1. Подтверждение ранее полученных результатов о наличии двух аномальных полос.

2. Детально картированы: аномальная полоса, тянущаяся от г. Щигры на севере до г. Валуйки на юге, и юго-западная полоса от г. Обояни на севере до г. Волчанска на юге.

3. Гравиметрическими исследованиями подтверждено наличие гравитационных аномалий, сопутствующих магнитным аномалиям.

4. Буровыми работами, проведенными в Щигровском и Салтыковском районах, установлено, что причиной аномалий являются железистые кварциты докембрийского возраста [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

С 1926 по 1930 г. геофизические исследования на территории КМА не проводились. Работы возобновились в 1930 г. по решению СТО СССР. Основной задачей исследований этого периода были поиски богатых руд.

С этой целью проводились детальные магнитометрические и вариометрические работы. Для определения глубины залегания кристаллического фундамента в Тимском районе и на участке Салтыково проведены сейсмические работы [11].

В результате этих исследований были детально изучены 18 аномальных участков КМА. Среди них Лебединский, Салтыковский, Лукьяновский, Коробковский, входящие в Старооскольский узел аномалий. Магнитными рекогносцировочными работами были выявлены ранее неизвестные аномалии на площади 2000 км^2.

В 1939—1940 гг. проведены сейсмические работы на участке маршрута Белгород — Новый Оскол. В этот же период выполнены обширные геологоразведочные работы [6].

Таким образом, за период до Великой Отечественной войны геофизические исследования охватили обширную территорию КМА, выявили и детально изучили ряд аномалий.

Геофизической службой были решены следующие задачи: расширение границ железорудного бассейна КМА, определение глубины залегания кровли докембрийского фундамента на отдельных участках, разработана методика поисков магнитных железистых кварцитов, правильно ориентирующая поисковое бурение.

По заданию Министерства геологии СССР в 1947 г. составлен генеральный проект геологоразведочных работ по железным рудам КМА [4]. Проектом были поставлены следующие задачи дальнейших геологоразведочных работ на КМА.

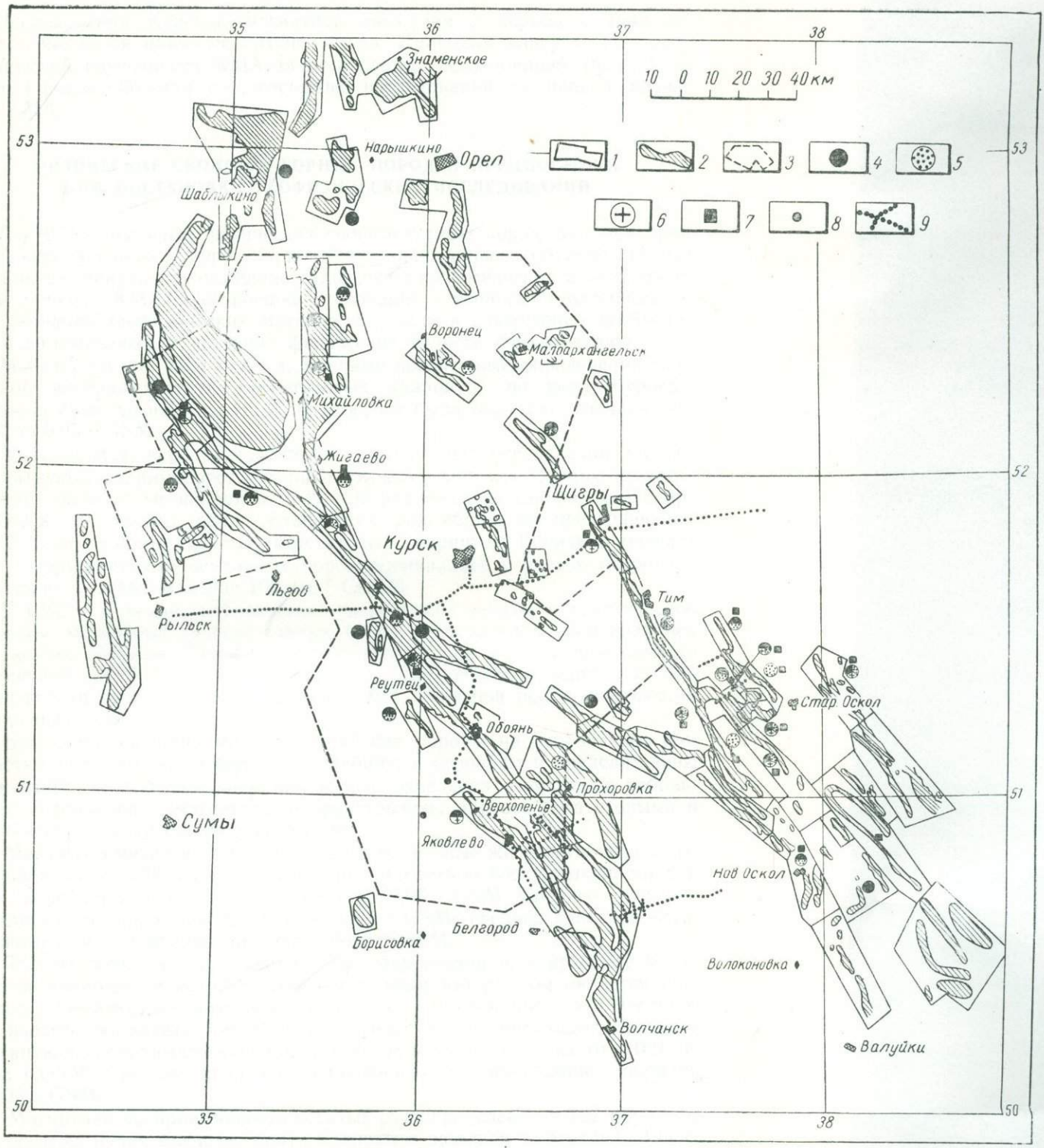
1. Изучение еще не освещенных исследованием площадей.
2. Определение глубины залегания (мощности) кровли докембрийских пород как толщи, вмещающей богатые железные руды.
3. Определение характера оруденения (магнетитовые и мартитовые руды).
4. Расчленение покрывающей докембрийские породы толщи и, в частности, выделение водоносных горизонтов в ней.

В 1947 г. территория КМА и прилегающих областей на площади 100 тыс. км^2 была покрыта аэромагнитной съемкой. Карты аэромагнитной съемки послужили основой для дальнейших наземных магнитометрических работ.

В 1948 г. для ведения геофизических исследований на территории КМА была организована Курская геофизическая экспедиция Союзного центрального геофизического треста.

Таблица 1

Наименование учреждения, автор и период времени исследований	Магнитометрия в физ. точ.	Гравиметрия		Сейсморазведка в км	Электроразведка в физ. точ.
		с вариометром, в физ. точ.	с гравиметром, в физ. точ.		
Пильчиков, Сергиевский Родд, Муро 1883 — 1896 гг. (13 лет)	461				
Лейст 1896 — 1918 гг. (22 года)	4121				
ОККМА 1919 — 1925 гг. (6 лет)	Данные приведены в работах ОККМА				
КМА-трест 1930 — 1936 гг. (6 лет)	66 600	12 500			
Курская геофизическая экспедиция 1948 — 1952 гг. (5 лет)	670 722	42 787	6690	494	9159



Фиг. 2. Карта геофизической изученности бассейна КМА

1 — граница магнитных аномалий; 2 — контур магнитных аномалий; 3 — граница гравиметрической съемки: 4 — электроразведочная съемка; 5 — вариометрическая съемка; 6 — сейсмическая съемка; 7 — детальная геологоразведочная съемка; 8 — отдельные буровые скважины; 9 — сейсмические маршруты

Исследования Курской магнитной аномалии в период с 1948 по 1953 г. являются наиболее интенсивными. Приводим карту геолого-геофизической изученности КМА за весь период исследований (фиг. 2) и табл. 1 роста объемов геофизических исследований за период изучения КМА.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

До 1951 г. изучение физических свойств горных пород на территории КМА производилось нерегулярно и в незначительных объемах. Новые задачи, выдвинутые в последние годы перед геологической и геофизической службой КМА, и возросшие требования к точности геологического истолкования геофизических материалов сделали совершенно необходимым систематическое изучение физических свойств горных пород.

Магнитные свойства. Впервые абсолютные определения магнитной восприимчивости магнетитовых кварцитов по керну буровых скважин были выполнены Н. К. Шадро, им были получены значения от 0,32 до 0,95 CGSM.

А. И. Дюков, используя данные относительных определений, оценил магнитную восприимчивость хлорито-роговообманковых сланцев, подстилающих железистые кварциты, в 20—30 раз меньшей таковой для кварцитов, а для прочих пород, слагающих докембрий, не превышающей сотой доли восприимчивости магнетитовых кварцитов. Величина магнитной восприимчивости осадочных пород оценивалась с учетом петрографического состава не выше $100 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

В 1952 г. Курской геофизической экспедицией начато систематическое изучение магнитных свойств горных пород. Определения производились по керну скважин Тим-Панковской аномальной полосы при помощи магнитного вариометра [9]. Опробовано 1100 образцов керна. Из них практически немагнитными оказалось 677 образцов пород, слагающих осадочный комплекс.

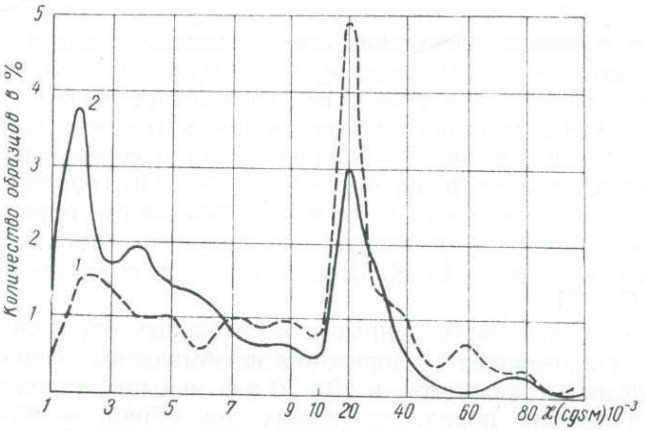
Буровыми скважинами докембрийские породы на Тим-Панковском участке вскрыты на небольшую глубину, в основном в пределах зоны окисления. Железистые кварциты в зоне окисления отличаются небольшим содержанием магнетита и представлены мартито-гематитовыми и карбонатно-гематитовыми разностями.

Мартито-гематитовые и карбонатно-гематитовые железистые кварциты опробованы по 178 образцам. Значение магнитной восприимчивости для них колеблется в пределах от 0,001 до 0,05 CGSM. Среднее значение магнитной восприимчивости равно 0,025 CGSM; среднее значение остаточного намагничивания порядка 0,0013 CGSM.

Только скважины, прошедшие зону мартитизации, вскрывают железистые кварциты, в которых главным рудным материалом является магнетит. Гематито-магнетитовые кварциты, содержащие значительное количество магнетита, опробованы только по 10 образцам. Значение магнитной восприимчивости для них колеблется в пределах от 0,021 до 0,53 CGSM. Среднее значение остаточного намагничивания — порядка 0,005 CGSM.

Магнитная восприимчивость богатых руд определена по 127 образцам (в богатых рудах магнетит почти полностью замещен мартитом). Значение магнитной восприимчивости богатых руд колеблется в пределах 0,0008—0,1343 CGSM, среднее значение 0,0100 CGSM; среднее значение остаточного магнетизма 0,0009 CGSM.

На фиг. 3 приводится график распределения магнитной восприимчивости по количеству образцов для богатых руд и немагнетитовых железистых кварцитов; характерно подобие обеих кривых. Форма кривых указывает на неоднородность состава группы рассматриваемых пород. Наиболее вероятное значение магнитной восприимчивости для немагнитных железистых кварцитов 0,02 CGSM. Для богатых руд можно выделить два типа, характеризующихся соответственно наиболее вероятными значениями магнитной восприимчивости 0,002 и 0,020 CGSM.



Фиг. 3. Кривые распределения магнитной восприимчивости
1 — кривая для немагнетитовых железистых кварцитов;
2 — кривая для богатых железных руд

Определения магнитной восприимчивости руд, вскрытых скважиной в районе с. Яковлево, вертикальная мощность которых превышает 140 м (магнитный эффект месторождения незначителен), дали значения 0,0008 и 0,0010 CGSM.

Породами, вмещающими железистые кварциты в толще докембрия на Тим-Панковском участке, являются хлоритовые и кварцево-слюдистые сланцы. Магнитная восприимчивость сланцев по данным 17 определений колеблется в пределах 0,0002—0,0026 CGSM. Среднее значение магнитной восприимчивости для сланцев равно 0,0007 CGSM.

Как видно из приведенных данных, магнитные свойства для каждого типа пород меняются в широких пределах. Для получения устойчивых средних значений магнитной восприимчивости для пород различного минералогического состава руднокристаллической толщи, а также для различных районов КМА необходимо проводить измерения по большому числу образцов.

Породы осадочной толщи, как упоминалось, практически немагнитны, однако встречаются образцы с проявлением магнетизма. По 92 образцам получены следующие данные средних значений магнитной восприимчивости: глины — 0,0038 CGSM (по 43 образцам), известняки — 0,0031 CGSM (по 11 образцам), песчаники и алевриты — 0,0015 CGSM.

Из приведенных данных о значениях магнитной восприимчивости различных пород Тим-Панковского участка КМА можно сделать вывод, что магнитометрия с большим эффектом может применяться для картирования железистых кварцитов КМА и может не дать в некоторых случаях благоприятных результатов при поисках богатых руд как коренных (значительной мощности), так и переотложенных.

Магнитная восприимчивость мартитовых руд, вскрытых буровой скважиной в районе с. Яковлево, одного порядка с таковой у хлоритовых и кварцево-слюдистых сланцев. Таким образом, наиболее ценные объекты в смысле поисков богатых руд, где мартитизация проникла на большую глубину, должны проявлять себя магнитными аномалиями небольшой интенсивности или же совершенно не картироваться магнитометрией.

В настоящее время производятся определения магнитных свойств горных пород Михайловского и Коробковского участков. Опробование образцов по глубоким скважинам Коробковского участка представляет особенный интерес, так как должно дать сведения об изменениях магнитных свойств железистых кварцитов с глубиной.

Плотностные свойства. Основные данные о плотностях горных пород, имевшиеся до 1950 г., получены на основании анализа образцов керна буровых скважин Старооскольского узла аномалий. Систематическое изучение плотностей начато в 1950 г. и в настоящее время им охвачены все основные участки, где проводилось или проводится бурение. В результате произведенных исследований определены плотности кварцитов и руд различного минералогического состава, а также плотности сланцев, гнейсов, гранитов и осадочных пород.

Особое внимание уделялось изучению плотностной характеристики докембрийских пород. (Породы осадочные залегают почти что горизонтально и, следовательно, не могут обусловить значительные изменения силы тяжести.)

В табл. 2 приводятся осредненные плотности различных пород по некоторым аномальным участкам Курской магнитной аномалии.

Таблица 2

Участки	Породы						
	коренные руды	переотложенные	железистые кварциты	сланцы	гнейсы	граниты	осадочные
Михайловский . . .	3,65—3,75	3,0	3,45—3,65	2,5	—	—	1,9—2
Обоянский				2,58	2,68	—	1,7—2
Тимской	3,48	3,28	3,25—3,55	2,6		—	1,8—2,1
Салтыковский . . .	3,54		3,35—3,55	2,8	2,74	2,68	1,8—2,1
Висловский					2,64	2,62	
Панки-Ястребовский				2,4	—	2,72	

Из приведенных цифр следует, что железистые кварциты и руды отличаются значительно большей плотностью, чем вмещающие их породы докембрия. Наличие плотностной разницы в 0,7—1,0 должно обеспечить значительный гравитационный эффект. Плотность пород осадочного комплекса обычно не превышает 2,1; только песчаники и конгломераты имеют плотности порядка 2,5—2,7. Данные о плотности осадочных пород приведены в табл. 3.

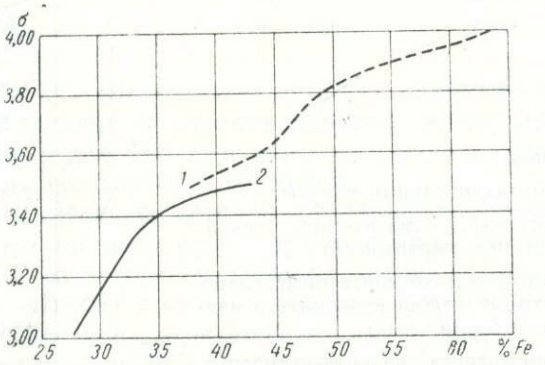
Изучение изменения плотности докембрийских пород по простиранию показывает, что средние значения плотностей выдерживаются на значительном протяжении. Для изучения изменения плотности с глубиной был использован керн наиболее глубоких скважин. По имеющимся данным можно судить, что железистые кварциты неокисленной зоны имеют избыточную плотность по отношению к кварцитам окисленной зоны порядка 0,4, так что значительные изменения мощности окисленной зоны могут создать доступный наблюдению гравитационный эффект.

Таблица 3

Название породы	Возраст											
	Q		$Cr_2^{sm} - Cr_1^{alb}$		Cr_1^{art-ne}		I_5^m		I_3^{cont}		D_3	
	средняя плотность	колич. определений	средняя плотность	колич. определений	средняя плотность	колич. определений	средняя плотность	колич. определений	средняя плотность	колич. определений	средняя плотность	колич. определений
Суглинок	1,99	21										
Песок			1,87	2	1,79	23			1,57	80	1,73	10
Глина песчанистая . . .									1,80	19	2,05	24
Глина			1,95	4	1,97	60	1,94	371	1,87	71		
Глина плотная											2,13	243
Песчаник							2,50	3	2,66	3	2,63	47
Алеврит									2,04	6	2,20	117
Конгломерат и брекчии											2,58	27

Плотность богатых плотных руд меняется в интервале 3,5—4,0 и близка к плотности железистых кварцитов (3,3—3,8). Большей частью плотные руды в естественных условиях перемежаются с рыхлыми, плотность которых порядка 3,0.

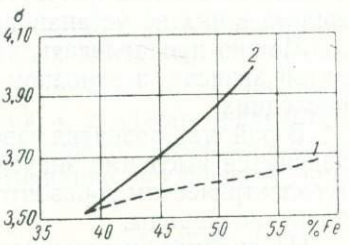
Таким образом, только большие скопления плотных руд, залегающих на головах железистых кварцитов, могут создать заметное изменение силы тяжести, выделяющее такую зону среди обычных залежей.



Фиг. 4. Сводный график зависимости средних плотностей от процентного содержания железа для руды и кварцитов

1 — кривая для руды; 2 — кривая для кварцитов

Изучение изменения плотности богатых руд и железистых кварцитов от процентного содержания железа в них указывает на закономерное увеличение плотности с ростом содержания железа (фиг. 4). Скорость возрастания плотности богатых руд и железистых кварцитов с увеличением содержания железа зависит от минералогического состава породы. Для примера приводим кривые возрастания плотности от содержания железа для богатых руд (кальцито-мартитовых и сидерито-мартитовых) (фиг. 5).



Фиг. 5. График изменения плотностей в зависимости от процентного содержания железа для руды

1 — кривая для сидерито-мартитовых и мартитовых руд; 2 — кривые для кальцито-мартитовых руд

Изучение плотностей горных пород приводит к выводу о большой перспективности гравитационной разведки в условиях КМА и ее преимуществах перед магнитной разведкой при картировании всех разновидностей железистых кварцитов и богатых руд.

Электрические свойства. В 1948 г. впервые на КМА была произведена ориентировочная оценка удельных сопротивлений горных пород на основании имеющихся сведений по смежным районам и данных опытных работ 1948 г.

Специальные исследования по определению сопротивлений горных пород посредством измерений сопротивления образцов керна проводились в 1951 г. По керну скважин произведено опробование 101 образца. Результаты измерений электрического сопротивления образцов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Горные породы	Количество образцов	Сопротивления	Среднее сопротивление
		в ом·м	
Аргиллит	2	90	90
Аргиллит плотный	42	144—322	179
Алеврит	2	91—271	—
Глина	3	45—89	64
Алевролит	1	283	—
Алевро-глинистые породы	11	154—195	171
Песчаники	1	580	—
Известняки плотные	4	225—629	485
Известняки доломитизированные плотные	2	1828—2095	—
Кварциты (мартитовый, гематитовый, гидромартитовый, гематито-мартитовый)	6	71—98	83
Кварциты (кальцито-гематито-мартитовый, гидрогематито-мартитовый, карбонато-гематито-мартитовый, гематито-мартитовый)	5	254—388	313
Руда (гематито-мартитовая, кальцито-гематито-мартитовая, кальцито-мартитовая)	15	20—90	49
Сланцы (взяты на контакте с рудами)	7	159—272	202

Полученные сопротивления сланцев не характерны для них, так как образцы взяты из зоны контакта сланцев с рудами.

Из приведенных данных следует, что докембрийская толща (опорный геоэлектрический горизонт) неоднородна по сопротивлениям; руды и некоторые разновидности кварцитов являются относительно проводящими. Анализ изменения сопротивления кварцитов от процентного содержания железа в них не устанавливает соответствия между этими величинами.

Можно предполагать, что изменения сопротивления железистых кварцитов зависят в основном от структурных и текстурных особенностей последних.

В районах развития известняков, особенно доломитизированных, отличающихся высокими значениями электрического сопротивления, опорным геоэлектрическим горизонтом являются известняки, экранирующие докембрийские породы.

Из анализа полученных значений сопротивлений горных пород вытекает, что в центральных районах Курской магнитной аномалии методом электроразведки возможно определение глубин залегания докембрия, а также в некоторых случаях картирование пластов железистых кварцитов. В северных и южных районах КМА электроразведка позволит определить границы распространения девонских и каменноугольных известняков и глубины их залегания.

Сейсмические свойства. Сейсмические скорости горных пород на КМА впервые определялись в 1930 г. в районе г. Щигров при проведении работ Г. А. Гамбурцевым. Дальнейшими работами сведения о скорости распространения упругих колебаний в горных породах были уточнены и дополнены. Сейсмический каротаж на территории КМА до 1953 г. не проводился, поэтому все данные получены в результате обработки годографов преломленных волн.

Значения сейсмических скоростей в породах осадочного комплекса приводятся в табл. 5.

Таблица 5

Горные породы	Сейсмические скорости	Среднее значение сейсмической скорости
	в м/сек	
Четвертичные отложения	250—800	550
Глины	1600—2000	1800
Мел	2000—2400	2100
Известняки	4500—5200	4900

Средняя сейсмическая скорость для всего осадочного комплекса ($\bar{v}$) определялась при помощи прострелки профилей, проходящих через устье скважин, вскрывших докембрий, и последующего вычисления v при известной глубине до исследуемого горизонта.

Кроме того, определялась средняя эффективная скорость осадочного комплекса ($\bar{v}_э$) по тангенсу угла наклона прямой, соединяющей точку излома годографа (от которой исследуемая волна начинает регистрироваться в качестве первой) с соответствующим пунктом взрыва.

В условиях КМА этот способ определения v дает неплохие результаты на периферии исследуемой территории (ошибка не превосходит 5%). В центральных районах КМА со значительными относительными изменениями мощности осадочного чехла, ошибки в определении $\bar{v}$ при замене этой величины $\bar{v}_э$ достигают в некоторых случаях 10—12%. Для получения наиболее надежного значения $\bar{v}_э$ и учета изменения этой величины вдоль профиля необходимо производить возможно больше определений этой величины.

Средняя сейсмическая скорость осадочного комплекса неодинакова для разных участков (на участках, где имеются резкие изменения мощности осадочной толщи, наблюдаются значительные колебания величины $\bar{v}$ вдоль профиля), но отмечается общая закономерность увеличения значений этого параметра с ростом глубин. Так, для центральных районов КМА, где глубины не превышают 200 м, $\bar{v}$=1400—1700 м/сек; на периферии, где глубины до докембрия превышают 300 м, $\bar{v}$=1800—2000 м/сек.

Значения средних сейсмических скоростей, определенных над скважинами, вскрывшими докембрий (зона выветривания исключена), приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Наименование участка	Значение $\bar{v}$ в м/сек	Примечание
Салтыковский	1650	
Жигаевский	1400	
Лебединский	1700	
Михайловский:		
Профиль V	1800 1500 1350 1450 1800	Уменьшение значений $\bar{v}$ связано с поднятием кровли докембрия

Продолжение табл. 6

Наименование участка	Значение $\bar{v}$ в м/сек	Примечание
Профиль VI	1250	
Висловский	1750	
Волоконовский	1700	
г. Обоянь	1900	Глубина до докембрия 370 м
с. Ивня	2100	Значение эффективной скорости определено методом отраженных волн. Глубина до докембрия 520 м

В центральных районах КМА имеется достаточно скважин для получения надежных значений $\bar{v}$. На периферийных участках исследуемой территории, наряду с определением $\bar{v}_э$ на отдельных участках, возможно определение эффективной скорости ($\bar{v}_э$) методом отраженных волн. Сейсмозондирование методом отраженных волн не всегда осуществимо, так как отраженная волна от кровли докембрия прослеживается с трудом. Скорость распространения сейсмических волн в породах докембрия определялась как граничная скорость ($\bar{v}_г$) методом полей времен.

Значения $\bar{v}_г$ для различных пород докембрия приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование пород	Значения v в м/сек	Средние значения v в м/сек
Сланцы среднего отдела докембрия	3400—4000	3800
Прочие сланцы	4200—5200	4600
Гнейсы	5200—5800	5400
Железистые кварциты . .	5200—6400	5800
Граниты	5700—7000	6400

Для железистых кварцитов на участках развития богатых руд типа КМА в нескольких случаях были зарегистрированы значения $\bar{v}_г$ порядка 4700—5000 м/сек. Вполне вероятно, что указанные скорости относятся к богатым рудам, толща которых обычно сложена переслаивающимися плотными и рыхлыми разностями.

Анализируя значения сейсмических скоростей горных пород, можно сделать следующие выводы.

1. Литологическое расчленение докембрия на основании полученных значений граничных скоростей не всегда может быть решено успешно. Значение $\bar{v}_г$ гнейсов целиком лежит в диапазоне возможных значений $\bar{v}_г$ железистых кварцитов. Значения граничных скоростей, присущие сланцам и гранитам, перекрывают соответственно снизу и сверху значения граничных скоростей, присущих железистым кварцитам.

2. Сейсмическая разведка может успешно применяться для определения глубины залегания и рельефа кристаллического фундамента.

В 1951 г. произведены определения амплитудного коэффициента (α) поглощения упругих волн в железистых кварцитах на Михайловском участке. Полученные значения коэффициента α приведены в табл. 8.

Таблица 8

Преобладающая частота в герцах	Коэффициент поглощения α
46	0,0044
42	0,0033
30	0,0025
22	0,0022

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Магнитометрические исследования. Изучение магнитного поля на территории бассейна Курской магнитной аномалии охватывает длительный период — с 1877 г. по настоящее время. В течение этого времени магнитометрическими исследованиями охвачена обширная площадь, в которую входит вся Курская область и частично Харьковская и Воронежская на юге, Брянская и Орловская — на севере.

Исследования магнитного поля КМА в основном сводились к измерению вертикальной составляющей Z. Измерения горизонтальной составляющей H и склонения D производились в значительно меньшем объеме. Результаты наблюдений после обработки изображались в виде изодинам Z_a на планшетах международной разграфки, в масштабе 1 : 25 000, сведенных в альбомы по годам съемки.

Характерными особенностями большинства аномалий КМА, установленными еще в первоначальный период исследований, являются: большая интенсивность, достигающая десятков тысяч гамм, и ярко выраженное полосовое строение.

Магнитные хребты северо-западного простирания тянутся на многие десятки километров. На некоторых участках, называемых узлами аномалий, плавный ход изодинам нарушается, отражая сложную структуру магнитного поля, захватывающую иногда значительную площадь в десятки и даже сотни квадратных километров (Белгородский узел аномалий).

Для объяснения причин Курской магнитной аномалии выдвигались различные гипотезы и только в 1922 г. буровыми работами, проведенными на Щигровском магнитном максимуме, было установлено, что объектом, возмущающим магнитное поле, являются железистые кварциты докембрийского возраста. Это дало основу для геологической интерпретации магнитометрических наблюдений. С этого времени магнитометрия применялась как основной метод картирования пластов железистых кварцитов.

Интерпретация магнитометрических наблюдений исходит из представления о геологическом строении изучаемого объекта, представленного крутопадающими пластами железистых кварцитов. Следовательно, полосовым магнитным аномалиям соответствуют пласты железистых кварцитов, простирающиеся вдоль осевой линии Z_a, узлы магнитных аномалий отображают сложную складчатую структуру залегания пластов железистых кварцитов; участкам с резким уменьшением интенсивности Z_a (пережимы магнитных аномалий) соответствуют зоны выклинивания или значительного уменьшения мощности пластов.

Резкое уменьшение интенсивности Z_a может быть связано также с процессом мартитизации, проникшим на значительную глубину

(примером могут служить рудные месторождения Кривого Рога). Следовательно, карта изодинам Z_a может служить основой для проведения поискового бурения и постановки других методов геофизической разведки.

При интерпретации аномалий КМА необходимо учитывать, что причиной аномалий интенсивностью до 10—15 000 γ, наряду с кварцитами, могут являться контакты интрузивных пород. Примером аномалий, обусловленных контактным магнетизмом, могут служить Висловские аномалии интенсивностью до 10—12 000 γ. Поэтому, изолированные магнитные аномалии интенсивностью до 20 000 γ не всегда могут быть однозначно интерпретированы на основании только магнитометрических наблюдений. Однозначность интерпретации достигается при комплексировании магнитометрии с гравиметрией.

Качественная интерпретация магнитометрических наблюдений, представленная картами изодинам Z_a, не дает сведений об элементах залегания рудного тела, знание которых играет большую роль при проведении геологоразведочных работ.

Количественная интерпретация сталкивается с обычными трудностями многозначности решения обратной магнитометрической задачи и отсутствием необходимых сведений о магнитной восприимчивости и интенсивности намагничивания горных пород, слагающих земную кору изучаемого района. Однако в условиях КМА задача упрощается при интерпретации кривых Z_a, соответствующих полосовым аномалиям, так как геологические представления дают возможность рассматривать наблюдаемое магнитное поле как поле крутопадающего пласта бесконечного простирания и большого распространения на глубину. Это дает возможность известными способами [9] определить горизонтальную мощность пласта и глубину его залегания.

При количественной интерпретации кривых Z_a выделение отдельных пластов возможно только в районах, где глубина залегания докембрия меньше мощности пластов железистых кварцитов. Этим условиям обычно удовлетворяют центральные районы Курской магнитной аномалии, где глубина не превосходит 200 м.

Определение глубин залегания докембрия производилось в небольшом объеме для получения ориентировочных данных, так как другие методы геофизики определяют этот параметр с большей точностью.

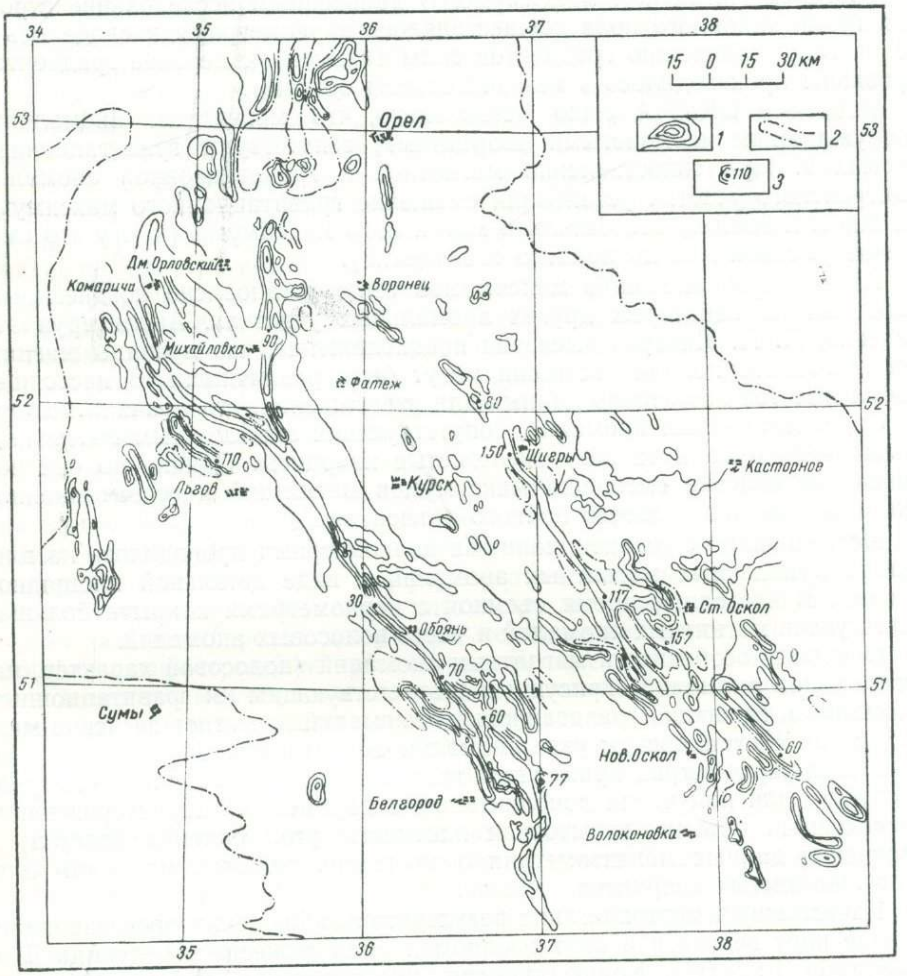
На основании количественной интерпретации строились карты пластов магнитных железистых кварцитов в масштабе 1 : 25 000. На узлах магнитных аномалий, где строение магнитного поля отличается большой сложностью, количественная интерпретация невозможна.

В настоящее время, в результате многолетних исследований, изучение магнитного поля бассейна КМА можно считать законченным. На основании детальной площадной съемки составлена карта изодинам Z_a в масштабе 1 : 25 000, охватившая все сколько-нибудь значительные аномалии КМА.

По данным детальной площадной съемки, наземной маршрутной, генеральной и аэромагнитной съемки составлена единая карта вертикальной составляющей (Z_a) магнитного поля Курской магнитной аномалии в масштабе: 1 : 200 000 (фиг. 6).

На карте прослеживаются две основные аномальные полосы северо-западного простирания, осложненные узлами аномалий и ответвлениями; начинаясь в районах Харьковской и Воронежской областей на юге, они оканчиваются в районе г. Орла на севере и переходят в группы разрозненных, разнообразных по форме, аномалий, имеющих продолжение в направлении городов Смоленска, Витебска, Брянска.

Результаты изучения магнитного поля бассейна КМА, представленные картой изодинам и картами пластов железистых кварцитов, имеют большую разведочную ценность и дают материал для суждения о глубинном строении земной коры исследуемого района.



Фиг. 6. Карта магнитного поля Z_a бассейна Курской магнитной аномалии
1 — положительные значения Z_a; 2 — отрицательные значения Z_a; 3 — значения интенсивности аномалий в тысячах γ

Величина максимальных значений вертикальной составляющей многих аномалий магнитного поля КМА превосходит значения этой величины у северного магнитного полюса земли. Столь высокая интенсивность магнитных аномалий не может быть объяснена действием современного магнитного поля земли на ферромагнитные породы КМА, какими являются магнитные железистые кварциты.

Высокое значение остаточного намагничивания железистых кварцитов КМА естественнее всего объясняет теория термореманенца, учитывающая роль температуры и коэрцитивных сил в процессах намагничивания горных пород. Изучение термоостаточного намагничивания и механических факторов, создающих условия «идеального» намагничивания, представляет большой интерес, так как может объяснить физические процессы, протекающие при формировании рудных бассейнов.

Гравиметрические исследования. Изучение гравитационного поля бассейна КМА началось в 1921 г. работами Особой комиссии по исследованию КМА (ОККМА). Первые гравиметрические работы по определению абсолютного значения силы тяжести проводились на Щигровском магнитном максимуме. В дальнейшем исследование строения гравитационного поля осуществлялось вариометрами и сводилось в основном к измерению градиентов силы тяжести (измерение градиентов кривизны производилось в незначительном объеме).

Работами ОККМА было установлено, что магнитным аномалиям, возбуждаемым железистыми кварцитами, сопутствуют гравитационные аномалии. При сопоставлении магнитной и гравитационной аномалии Щигровского участка установили смещение гравитационного максимума на 200 м к востоку относительно магнитного максимума (к югу это смещение уменьшается до полного совпадения).

Аналогичное смещение максимумов было установлено позднейшими работами на некоторых других аномальных участках. Анализируя это явление, П. П. Лазарев высказал предположение, что причины магнитной и гравитационной аномалий могут быть различными. В настоящее время имеется достаточно данных для утверждения, что причина полосовых гравитационных аномалий, сопутствующих аналогичным магнитным аномалиям, одна и та же — железистые кварциты. Однако до сих пор описанное явление смещения максимумов магнитной и гравитационной аномалий не нашло своего полного объяснения.

Исследование с гравитационными вариометрами проводилось на площадях выявленных магнитных аномалий в виде детальной площадной съемки. В настоящее время съемкой с вариометрами покрыта большая часть узлов магнитных аномалий и часть полосовых аномалий.

Основные особенности магнитных аномалий (полосовой характер, наличие узлов аномалий) присущи и соответствующим им гравитационным аномалиям. Величина гравитационных аномалий достигает десятков миллигал (на Михайловском узле аномалии до + 60 мгл).

Метод вариометрии применялся только в комплексе с магнитометрией и служил для получения дополнительных параметров, характеризующих исследуемый объект (избыточная плотность, угол падения пластов) и уточнения данных магнитометрии о значениях видимой мощности пластов железистых кварцитов.

Качественная интерпретация результатов наблюдения представлялась в виде карт векторов и карт изоаномал силы тяжести в редукции Буге масштаба 1 : 25 000. Количественная интерпретация вариометрических наблюдений сталкивается в основном с теми же трудностями, которые встречаются при интерпретации магнитометрических наблюдений.

В практике интерпретации кривых U_{xz} применяется метод подбора теоретической кривой [5], удовлетворяющей наблюденной. Обычно наблюдается суммарная кривая от серии пластов; интерпретация такой кривой осуществляется путем подбора нескольких теоретических кривых, сумма которых наилучшим образом удовлетворяет наблюденной. Полной однозначности при этом не получается, так как одной и той же сложной кривой может соответствовать несколько вариантов подбора слагающих теоретических кривых. В этом случае достоверными являются пласты, выделенные по наиболее характерным элементам кривой.

На периферийных участках территории Курской магнитной аномалии, где глубины превышают 300 м, при наличии серии пластов небольшой горизонтальной мощности они могут быть выделены только как одна свита с избыточной плотностью ниже истинной, за счет пропластков пород меньшей плотности.

На узлах аномалий, которым соответствует сложная складчатая структура пластов железистых кварцитов, возможна только качественная интерпретация, дающая границы распространения пород повышенной плотности.

На основании количественной интерпретации кривой U_{xz} строятся карты пластов железистых кварцитов с указанием избыточной плотности и углов падения в масштабе 1 : 25 000.

Данные вариометрии более достоверны в смысле картирования пластов железистых кварцитов, чем данные магнитометрии, так как исключают ошибки, возможные на участках с проявлением контактного магнетизма.

Перед геофизической службой, еще в период работ ОККМА, выдвигалась задача выделения участков, перспективных на поиски богатых руд на территории КМА, залегающих на головах железистых кварцитов. Предполагалась возможность решения этой задачи методом вариометрии. Однако решение этой задачи встречается с затруднениями.

Средняя плотность руд несколько выше средней плотности кварцитов, но необходимо учесть, что подавляющее число определений плотности железистых кварцитов относится к образцам, взятым из зоны окисления. Немногочисленные образцы, взятые вне зоны окисления, дают плотности, близкие к средней плотности руд.

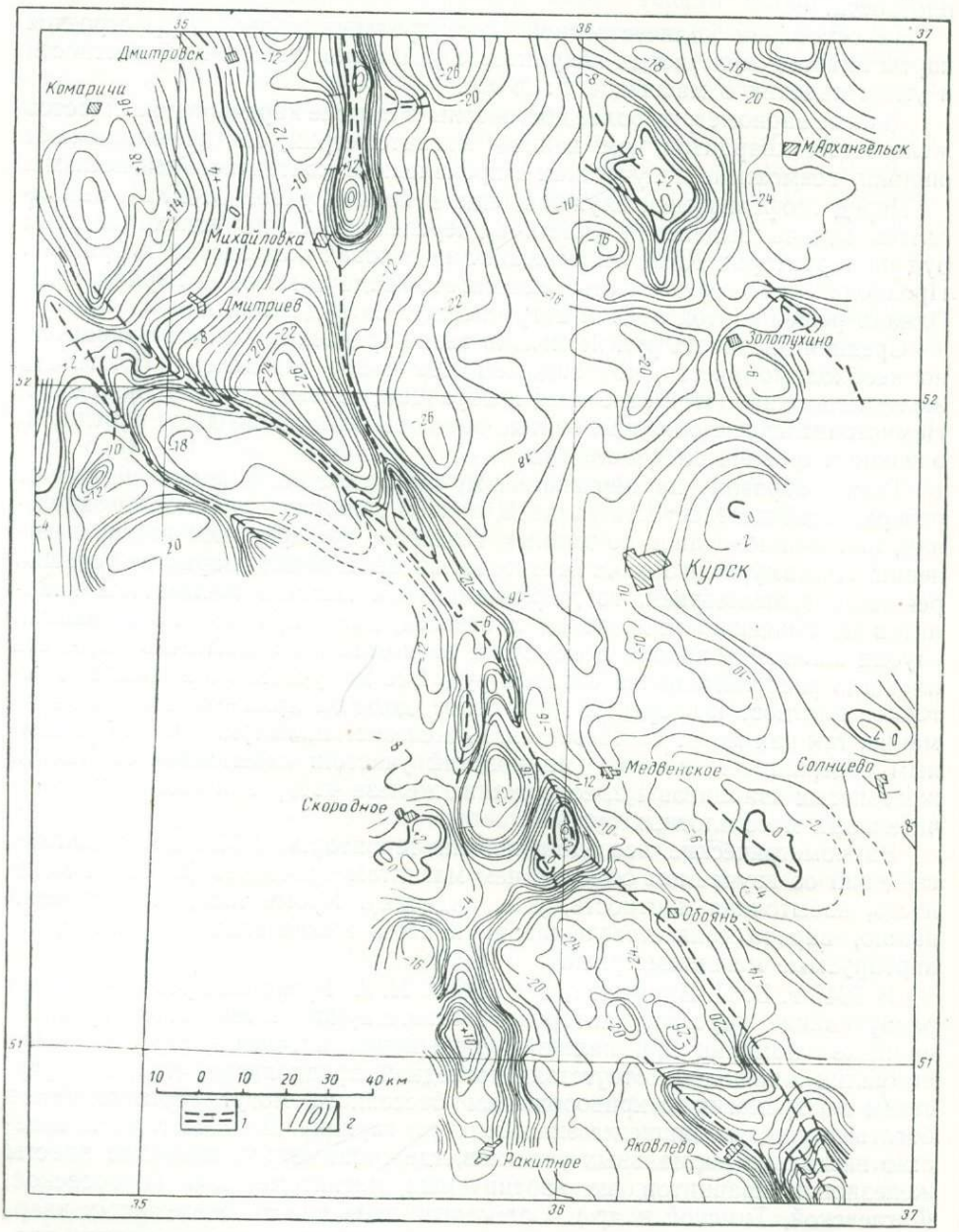
Таким образом, по вертикальному направлению имеется несколько поверхностей плотностного раздела, причем мощность руд и зоны окисления, как можно судить по данным геологии, претерпевают резкие изменения. Поэтому, если задача картирования железистых кварцитов успешно решается гравиметрией, то дифференциация пластов железистых кварцитов по значению избыточной плотности, даже при детальном знании глубин залегания кровли докембрия, не позволяет однозначно выделять площади распространения богатых руд. Все же участки с высокой избыточной плотностью, порядка 1,0 и более, должны привлекать к себе внимание, так как могут соответствовать железистым кварцитам с повышенным содержанием железа (Яциновский участок: избыточная плотность железистых кварцитов 1,2, содержание железа 42%) или скоплению значительных масс плотных руд.

Вариометрические исследования на территории КМА дают больше сведений об изучаемом объекте, чем магнитометрические (видимая мощность, избыточная плотность, угол падения). Кроме того, что особенно важно, вариометрия прослеживает пласты железистых кварцитов, не картируемые магнитометрией.

В 1948 г. Б. П. Епифанов, а в 1949 г. И. А. Русинович рекомендовали разбуривание участков, которым соответствуют интенсивные гравитационные аномалии при наличии уменьшения интенсивности магнитной аномалии или полном отсутствии последней, предполагая, что таким участкам по аналогии с криворожским бассейном, могут соответствовать богатые руды, уходящие на значительную глубину. До 1953 г. было известно несколько аномальных участков, где гравиметрия выделила пласты железистых кварцитов, не картируемых магнитометрией (Бугровской, Фигаевской, Тимской и др.). Слабомагнитные пласты железистых кварцитов, картируемые только гравиметрией, наблюдаются то в виде продолжения магнитного пласта в области пережима магнитной аномалии, то сопутствуют магнитному пласту.

Проблема поисков богатых руд, уходящих на глубину, и переотложенных руд на территории Курской магнитной аномалии, а также назревшая необходимость более глубокого изучения геологического строения докембрийского фундамента выдвинули задачу изучения гравитационного поля всей территории КМА.

В 1952 г. начата маршрутно-площадная гравиметровая съемка территории. В настоящее время гравиметрами заснята вся площадь, вмещающая юго-западную аномальную полосу и прилегающие районы. Резуль-



Фиг. 7. Карта гравитационных аномалий в редукции Буге северо-западной и центральной части бассейна КМА

1 — оси магнитных аномалий; 2 — изоаномалы

таты гравиметрических наблюдений представлены картами изоаномал силы тяжести в редукции Буге в масштабе 1 : 200 000, с сечением изоаномал через 2 мгл. Гравитационное поле КМА характеризуется наличием сравнительно интенсивных положительных аномалий, приуроченных к осям магнитных аномалий (фиг. 7).

Эта взаимосвязь гравитационных и магнитных аномалий указывает, что основным фактором, обусловливающим интенсивные гравитационные аномалии, являются железистые кварциты.

Заметные изменения силы тяжести на исследуемой территории могут быть вызваны в основном следующими причинами:

1) изменением плотности кристаллических пород;
2) рельефом кристаллических пород;
3) изменением плотности осадочных пород;
4) рельефом песчаников.

Породы осадочного комплекса залегают почти горизонтально и не могут вызвать заметного гравитационного эффекта. Расчеты показывают, что принимая самые неблагоприятные условия: резкое выклинивание песчаников осадочной толщи при максимально возможной для них в районе работ мощности и избыточной плотности (избыточная плотность песчаников по отношению плотности других осадочных пород около 0,6—1,1), можно ожидать гравитационную аномалию не более 2 мгл. Превышение в рельефе кристаллического фундамента с амплитудой 100 м в областях распространения сланцев, гнейсов и гранитов (плотности которых примерно одинаковы) создаст аномалию порядка 4 мгл, а на площадях развития кварцитов до 8 мгл.

На карте гравитационного поля КМА (фиг. 7) отмечается широкая область отрицательных значений гравитационного поля, простирающаяся в северо-западном направлении, осложненная рядом аномалий изометрической формы с небольшой интенсивностью и градиентом силы тяжести около 2 мгл/км (аномалии Солнцевская, Курская, Золотухинская) и 5 мгл/км (Мало-Архангельская, Скороднянская).

С запада и юго-запада указанная область отрицательных значений гравитационного поля ограничена полосой положительных гравитационных аномалий значительной интенсивности, с градиентом силы тяжести около 10—12 мгл/км. Положительные аномалии в основном приурочены к аналогичным по характеру магнитным аномалиям.

В восточной и северо-восточной частях также отмечаются гравитационные аномалии, связанные с магнитными.

Всю северо-западную часть планшета занимает обширная положительная аномалия с максимальными значениями силы тяжести в районе с. Камаричи. В области максимальных значений этой аномалии расположены Камаричевские магнитные аномалии.

Анализируя гравитационную карту, можно сделать следующие выводы.

1. Положительные интенсивные аномалии созданы пластами железистых кварцитов докембрийского возраста. Особый интерес в этом отношении представляет Ракитнянская гравитационная аномалия, по характеру подобная аномалиям, обусловленным железистыми кварцитами, но не картированная магнитной съемкой, что указывает на слабую магнитность соответствующих ей пород докембрия. Указанная аномалия может быть связана с железистыми кварцитами, процесс мартитизации в которых проник на значительную глубину. В пользу этого предположения можно привести результаты бурения скважины в районе Яковлево, расположенной западнее Верхопенской магнитной аномалии. Яковлевская скважина вскрыла богатые руды вертикальной мощностью более 140 м, с весьма низкими значениями магнитной восприимчивости (0,0008 CGSM). Методом магнитометрии указанное месторождение не картировано. Проведенные магнитометрические работы повышенной чувствительности показали, что Яковлевскому месторождению соответствует магнитная аномалия интенсивностью не более 2000—3000 γ, выражающаяся в виде

осложнения западного крыла Верхопенской аномалии, интенсивность которой достигает значений более 20 000 γ, что и явилось причиной невыделения Яковлевской аномалии при магнитометрических исследованиях прошлых лет. Вариометрическими работами, проведенными в районе Яковлевской скважины, картирована свита железистых кварцитов видимой мощностью 800 м.

2. Аномалии типа Мало-Архангельской, Скороднянской обусловлены, как видно, обоими факторами: изменением рельефа докембрия и повышенной плотностью пород, слагающих участок. Указанным аномалиям соответствуют магнитные аномалии небольшой интенсивности. Не исключена возможность, что они вызваны наличием основных кристаллических пород в докембрии.

3. Аномалии типа Курской, Солнцевской, Золотухинской могут всецело определяться превышениями рельефа кристаллического фундамента, но более вероятно, что этим участкам соответствует также несколько повышенная плотность пород, слагающих докембрий (сланцев, гнейсов или гранитов).

4. Обширная северо-западная положительная аномалия не может быть истолкована только поднятием в рельефе докембрия. Следует предположить, наряду со значительным поднятием рельефа, наличие на этом участке очень плотных пород или связь ее со структурами более глубоких слоев земной коры.

При наличии данных сейсмической разведки о глубинах залегания и рельефе докембрия на площадях развития указанных аномалий была бы возможность более однозначной интерпретации их природы.

В результате гравиразведочных работ получены новые данные о структурных особенностях докембрия. Выявленные аномалии требуют постановки комплексных геофизических исследований для трактовки их природы. Особенно перспективными для поисков богатых руд, по данным гравиметрии, являются аномалии: Ракитнянская, Яковлевская, Камаричевская и Тетеревинский узел аномалий.

Электрометрия. Электроразведочные работы на Курской магнитной аномалии впервые проводились в 1948 г. методом ВЭЗ с целью определения глубин залегания кристаллического фундамента.

Основным результатом работ 1948 г. является установление неоднородности опорного геоэлектрического горизонта (докембрия). Работы, проведенные на Лебединском и Салтыковском участках, показали, что по мере приближения к железистым кварцитам обычный вид кривой ВЭЗ ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 < \rho_4 \to \infty$) меняется, правая ветвь кривой искажается и не выходит на ассимптоту. Указанное явление послужило основанием для проведения в последующие годы работ с целью выработки методики картирования пластов железистых кварцитов методом электроразведки.

В отношении определения глубин залегания кристаллического фундамента работы 1948 г. показали, что метод ВЭЗ дает завышенные глубины.

Электроразведочными работами, проведенными на КМА, охвачена значительная часть участков северо-восточной и юго-западной аномальной полосы. Геоэлектрический разрез бассейна КМА отличается значительной сложностью. Сложность района определяется отсутствием выдержанных горизонтов в осадочной толще и наличием разнородных пород в опорном геоэлектрическом горизонте, которым является кристаллический фундамент. Электрическая неоднородность опорного горизонта обусловлена более низким, по сравнению с вмещающими породами, удельным сопротивлением кварцитов.

Наиболее распространенный тип кривых ВЭЗ бассейна КМА четырех- и шестислойный. В случае четырехслойных кривых выделяются следующие геоэлектрические горизонты:

1) с кажущимся сопротивлением ρ_1 от 18 до 55 ом·м;
2) с ρ_2 от 90 до 280 ом · м;
3) с ρ_3 от 22 до 60 ом · м;
4) с $\rho_4 \to \infty$.

Сопоставление кривых ВЭЗ с данными буровых скважин показывает, что горизонт ρ_1 объединяет четвертичные и третичные отложения и разрушенную часть мергельно-меловой толщи; горизонту ρ_2 соответствует мергельно-меловая толща; горизонту ρ_3 — песчаноглинистые отложения мела, юра и разрушенные породы докембрия; горизонту ρ_4 — неразрушенные породы докембрия за исключением кварцитов.

В случае шестислойной кривой геоэлектрический горизонт с кажущейся скоростью ρ_4 от 100 до 300 ом · м отождествляется с известняками девона; горизонт с ρ_5 от 30 до 60 ом·м — с песчаноглинистыми отложениями девона и разрушенными породами докембрия; горизонт с $\rho_6 \to \infty$ отождествляется с неразрушенными породами докембрия.

Количественная интерпретация кривых ВЭЗ возможна только вне участков магнитных и гравитационных аномалий, связанных с наличием железистых кварцитов в толще докембрия.

Электроразведочные работы методом ВЭЗ на территории КМА дают возможность определить порядок глубин залегания кристаллического фундамента. Глубины получаются завышенными за счет разрушенной части толщи докембрия (зоны окисления), мощность которой обычно порядка 20—40 м, но может достигать значительно бо́льших значений.

На основании данных ВЭЗ строятся геоэлектрические разрезы по профилям в масштабе: горизонтальный 1 : 10 000, вертикальный 1 : 50 000 и схематические карты гипсометрии опорного горизонта в масштабе 1 : 100 000.

На участках развития известняков, где мощность их значительна, глубину до докембрия определить невозможно, так как опорным геоэлектрическим горизонтом являются известняки. Для картирования пластов железистых кварцитов применялся метод дипольного и симметричного профилирования. Профили задавались вкрест простирания железистых кварцитов, закартированных магнитометрией. Интерпретация графиков дипольного профилирования, с целью выделения пластов пониженного сопротивления и определения их мощности, производилась при помощи палеток дипольного электропрофилирования, рассчитанных для пластов низкого сопротивления. Результаты работ представлялись картами зон пониженного сопротивления.

Работы, проведенные в юго-восточных и северо-западных районах КМА, показали, что в толще докембрия, наряду с зонами пониженного сопротивления, соответствующими железистым кварцитам, встречаются зоны пониженного сопротивления и вне площадей развития железистых кварцитов, природа которых не выяснена. Последнее делает выводы электроразведки в отношении картирования железистых кварцитов неоднозначными и требует комплексирования ее с другими методами геофизики.

На основании опыта электроразведочных работ в исследуемом районе можно сделать следующие выводы [25].

1. Докембрийская толща неоднородна по сопротивлениям.

2. Основная толща докембрийских пород обладает сопротивлением, обеспечивающим выход кривых ВЭЗ на ассимптоту под углом 45°.

3. В среде с бесконечно высоким сопротивлением есть вертикальные или близкие к ним границы раздела, выделяющие породы с конечным сопротивлением. Такими породами, в частности, являются железистые кварциты.

4. Сопротивление кварцитов меняется в широких пределах.

5. Руды типа КМА обладают сопротивлением ниже сопротивления кварцитов:

6. В северных и южных районах КМА, где в осадочной толще имеются известняки значительной мощности, опорным геоэлектрическим горизонтом является кровля известняков.

Метод электроразведки на КМА может применяться для оценки глубины залегания докембрийского фундамента и определения общей структур его рельефа в центральных районах КМА, а также для установления границ распространения девонских и каменноугольных известняков.

Применение этого метода в целях картирования железистых кварцитов нецелесообразно, так как указанная задача лучше решается другими геофизическими методами. В результате электроразведочных работ определены значения глубины залегания докембрия на многих участках Курской магнитной аномалии, где отсутствуют данные бурения и сейсмической разведки.

Для северо-западных районов (Льговские аномалии) установлены области распространения девонских известняков и составлена карта гипсометрии опорных геоэлектрических горизонтов (фиг. 8).

В последнее время значительные успехи в смысле литологического расчленения осадочной толщи достигнуты методом электрокароттажа скважин.

Сейсмометрия. Сейсморазведочные работы на территории КМА впервые проводились в 1930—1932 гг. Г. А. Гамбурцевым на Щигровском магнитном максимуме и Старооскольском узле аномалий. Затем, в течение 15 лет, сейсмометрические исследования на КМА не проводились, за исключением работ 1940 г. (вдоль широтного профиля, расположенного между Белгородом и Новым Осколом). В 1948 г. исследования возобновились на Тетеревинском узле аномалий.

Сейсмическая разведка как необходимый метод в комплексных геофизических исследованиях КМА нашла применение после опытно-методических работ, проведенных в 1949 г.

Сейсмометрия применяется при решении следующих задач.

1. Картирование, в комплексе с другими методами, железистых кварцитов, особенно на узлах магнитных и гравитационных аномалий.

2. Выделение участков, перспективных на поиски богатых руд типа КМА в зонах развития железистых кварцитов.

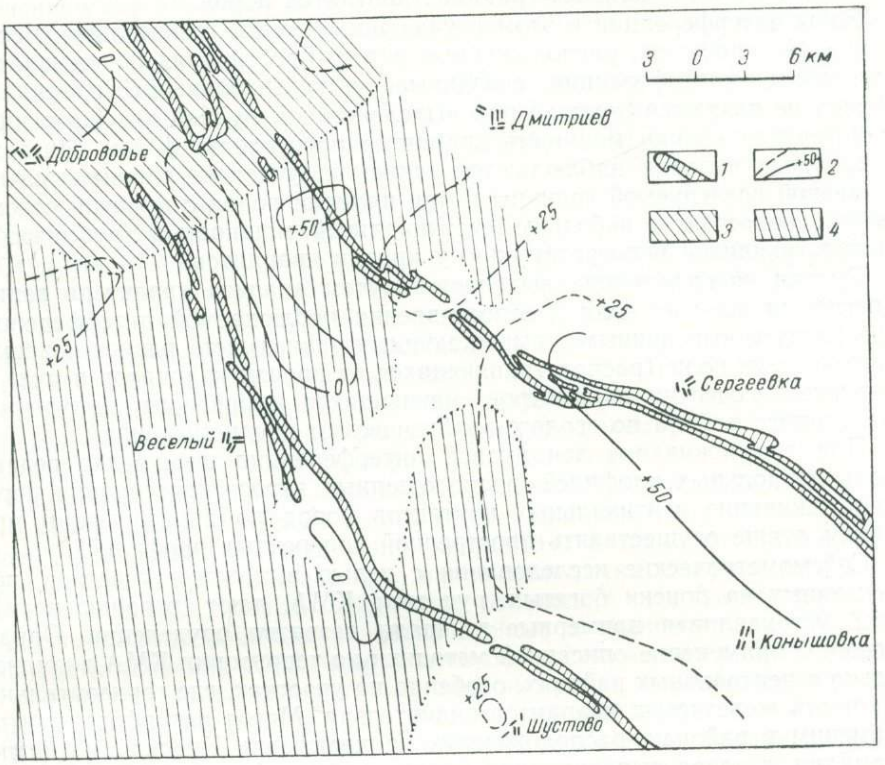
3. Изучение гипсометрии кристаллического фундамента.

Основным методом сейсмических работ на КМА является корреляционный метод преломленных волн.

Необходимость применения этого метода обусловлена особенностями решаемых задач и сейсмо-геологическими особенностями района: вертикально-слоистое строение докембрия, малая вертикальная мощность руд, близкие значения сейсмических скоростей в рудах и подстилающих их кварцитах, небольшие мощности — до 200 м — осадочного чехла в центральных районах Курской магнитной аномалии и трудности получения отраженных волн от кровли докембрия на периферии района.

В решении первой задачи основную роль играет дифференциация докембрия по значениям граничных скоростей и вспомогательную—использование динамических признаков регистрируемых волн. Сейсмическая разведка далеко не всегда может решить самостоятельно задачу карти-

рования пластов железистых кварцитов. Трудности связаны с тем, что значения граничных скоростей пород, вмещающих железистые кварциты, в широких пределах перекрывают значения граничных скоростей, присущих железистым кварцитам. Поэтому, сейсмометрию целесообразно при-



Фиг. 8. Схематическая гипсометрическая карта опорного геоэлектрического горизонта, район льговских аномалий

1 — пласты железистых кварцитов по данным магнитометрической съемки; 2 — изогипсы опорного геоэлектрического горизонта в абсолютных отметках (проведены через 50 м); 3 — область развития известняков девонского возраста большой мощности (опорный геоэлектрический горизонт); 4—область развития известняков девонского возраста небольшой мощности (около 20—30 м)

менять с целью картирования железистых кварцитов в основном на узлах аномалий, где интерпретация данных магнитометрии и гравиметрии затруднительна и значение дополнительного параметра может сыграть существенную роль.

Возможность решения второй задачи — выделение участков, перспективных на поиски богатых руд типа КМА, всецело основана на анализе динамических признаков [2, 24].

Опытные работы с целью выработки методики поисков богатых руд типа КМА проводились на хорошо изученном в геологическом отношении Лебединском месторождении. Малая вертикальная мощность руд и близкие значения сейсмических скоростей в рудах и кварцитах не допускают раздельно регистрировать волны, распространяющиеся от кровли кварцитов и кровли руд, но для участков оруденения характерно осложнение волновой картины, связанное с интерференцией указанных волн.

Трудности решения задачи увеличиваются наличием вертикальных контактов пород докембрия, в свою очередь осложняющих волновую картину. Анализ условий распространения волн в вертикально слоистой

среде и сопоставление полученных данных с фактическим материалом показали, что явление интерференции, зарегистрированное на профилях, расположенных по простиранию пород докембрия, вызывается не только наличием руд, но и наложением преломленных и отраженных волн, образующихся на вертикальных границах контактов пород.

Зоны интерференции в этом случае могут иметь значительное протяжение. На профилях, расположенных вкрест простирания пород докембрия, зоны интерференции, связанные с вертикальными границами, обычно не являются помехой при выделении зон рудной интерференции, если горизонтальная мощность кварцитов превосходит 400 м. Интерференционные явления наблюдаются также на участках со значительной кривизной исследуемой границы и при наличии пород с высокой сейсмической скоростью и небольшой вертикальной мощностью (известняки), располагающихся непосредственно у кровли кварцитов.

Рудная интерференция выделяется путем анализа характера записи зарегистрированных волн и сопоставления наблюдаемой интерференции с теоретическими кривыми, выражающими зависимость разности времен прихода двух волн (распространяющихся от кровли кварцитов и руд) от сейсмогеологических параметров, меняющихся в пределах, допустимых для данного района по геолого-геофизическим предположениям.

При прослеживании зон рудной интерференции прострелка ведется вдоль продольных профилей, расположенных вкрест простирания пород (прослеживание вертикальных контактов пород по динамическим признакам лучше осуществлять прострелкой поперечных профилей).

Сейсмометрические исследования с целью выделения участков, перспективных на поиски богатых руд типа КМА, дают хорошие результаты, устанавливая примерные площади развития оруденения. Однако успешное применение описанной методики на территории КМА возможно только в центральных районах, особенно на участках, где горизонтальная мощность железистых кварцитов значительна. Метод интерференции неприменим в районах, расположенных на периферии Курской магнитной аномалии, в зонах выклинивания пород карбона (на юге) и девона (на севере), в толще которых присутствуют известняки. Кроме того, условия прослеживания волн, распространяющихся от кровли докембрия, в этих районах сопряжены с трудностями, в основном связанными с быстрым затуханием высокочастотных составляющих спектра упругих волн.

Особенно успешно сейсморазведка решает третью задачу: изучение гипсометрии кристаллического фундамента. С этой целью, помимо площадной съемки на участках детальной разведки, проводятся работы вдоль маршрутов.

Маршрутные сейсморазведочные работы на КМА начаты в 1952 г. по линии Курск — Белгород. Всего намечено 6 маршрутов, пересекающих исследуемую территорию в различных направлениях. Сведения о глубинах залегания докембрия, полученные вдоль маршрутов, совместно с данными бурения и других геофизических методов, дадут возможность построить карту гипсометрии кристаллического фундамента бассейна КМА.

В настоящее время закончены работы вдоль меридионального маршрута Курск — Белгород протяжением 110 км и широтного маршрута Рыльск — Курск — Щигры протяжением 220 км.

Результаты сейсмических работ представляются сейсмическими разрезами в масштабе 1 : 5000 (при площадной съемке) и в масштабе: горизонтальный — 1 : 100 000; вертикальный — 1 : 10 000 (при маршрутной съемке).

Средняя точность построения разрезов 5—6%.

На участках детальной разведки данные, полученные по сейсмическим разрезам, служат для построения карт пластов докембрия, характеризующихся различными значениями граничных скоростей (в масштабе 1 : 25 000). На карту пластов наносится гипсометрия кровли докембрия с сечением изогипс через 20 м и выделяются зоны рудной интерференции. Пласты мощностью ниже 100 м наносятся условно, так как картируются неуверенно.

Сейсмические исследования на КМА проводились исключительно с целью изучения метаморфической толщи, но полученный материал доказывает, что метод преломленных волн в условиях КМА дает возможность изучения некоторых горизонтов осадочной толщи. В пределах всей территории КМА четко регистрируется волна с кажущейся скоростью (v^*) порядка 1800 м/сек, соответствующая кровле глин, являющихся подошвой грунтовых вод. В северных районах КМА прослеживается от одного до трех горизонтов девонских известняков с v^* от 4700 м/сек до 5100 м/сек, а в южных — один-два горизонта известняков карбона с v^* 4500 м/сек.

Несмотря на трудности, ограничивающие возможности метода, сейсмические работы дают богатый материал, способствующий изучению строения докембрийского фундамента. Сейсмическим методом на некоторых участках КМА детально изучен рельеф докембрия и определены примерные границы развития пород, его слагающих.

На Михайловском узле аномалий при помощи сейсмометрии установлено наличие широкого поля железистых кварцитов и значительных площадей оруденения, сопутствующих кварцитам, а также выявлено крупное поднятие в кровле кварцитов, наивысшая точка которого перекрыта всего 40-метровой толщей осадочных отложений. На Висловском участке установлены площади развития гнейсов и гранитов (картирование гранитов в условиях КМА невозможно без сейсмических работ). Маршрутные работы дали сведения о глубине залегания и форме рельефа докембрия вдоль линий: Рыльск — Курск — Щигры и Курск — Белгород.

Комплексные геофизические работы. Задачи, стоящие перед геофизической службой КМА, а также возможности каждого геофизического метода в отдельности при решении этих задач выдвигают необходимость комплексирования геофизических методов и правильной последовательности их применения.

Поскольку основной разведочной задачей на КМА являются поиски железистых кварцитов и генетически связанных с ними богатых руд, геофизические исследования любого района КМА должны начинаться с маршрутно-площадной съемки магнитного и гравитационного поля и последующих детализационных работ на выявленных аномалиях.

На основании геолого-геофизической характеристики района и опыта геофизических исследований может быть предложена следующая методика комплексирования геофизических методов.

1. При картировании пластов железистых кварцитов: на выявленных полосовых, магнитных и гравитационных аномалиях проводятся детальные магнитометрические и вариометрические исследования, а также рекогносцировочные сейсморазведочные работы для определения глубины залегания докембрия (в центральных районах КМА сейсмическая разведка может быть заменена электроразведкой).

2. При исследовании узлов аномалий как участков возможного сплошного развития железистых кварцитов: проводятся детальные исследования методами магнитометрии, вариометрии и сейсмометрии. Если на участке выявляется значительное поле сплошного развития железистых кварцитов, желательно проведение электроразведочных работ для выделения зон пониженного сопротивления.

3. При поисках богатых руд, уходящих на глубину: проверенной методики для решения этой задачи нет.

На основании геолого-геофизических представлений предлагается следующая методика: на участках выявленных гравитационных аномалий типа полосовых или узлов, которым по данным маршрутной магнитометрической съемки соответствуют мало интенсивные магнитные аномалии или таковые полностью отсутствуют, проводятся детальные магнитометрические и вариометрические работы, а также сейсмические (на полосовых аномалиях — рекогносцировочные, а на узлах — детальные).

Интерпретация материалов комплексных геофизических исследований дает наиболее полные сведения об изучаемом объекте, правильность которых неоднократно подтверждалась буровыми работами. Нарушение комплекса, особенно на узлах аномалий, обычно приводит к неоднозначным, а иногда и ошибочным выводам. В качестве примера можно привести результаты работ по Висловскому участку.

По данным магнитометрии, на участке картировалась серия пластов железистых кварцитов. В результате детальных сейсморазведочных работ были сделаны следующие выводы:

1. Докембрий сложен в основном двумя породами: а) породы с граничной скоростью ($v_г$) порядка 5300 м/сек являются гнейсами или железистыми кварцитами; б) породы с $v_г \sim 6000$ м/сек являются железистыми кварцитами или гранитами.

2. Участок в целом не перспективен на поиски богатых руд. Исключение представляет одиночная зона интерференции, зарегистрированная на профиле V, которая может быть рекомендована к бурению.

3. Магнитные аномалии приурочены к контактам пород.

4. Основная толща пород, слагающих докембрий, немагнитна.

Буровые работы, проведенные на участке, показали, что докембрий сложен гнейсами и гранитами. Бурение на профиле V не проводилось, но можно предполагать, что зарегистрированная интерференция не связана с рудами. Вариометрические работы, проведенные на участке в период бурения, дали всюду нормальное гравитационное поле, что указывает на отсутствие железистых кварцитов. Следовательно, полный комплекс геофизических методов (магнитометрия, вариометрия, сейсмическая разведка), примененных на Висловском участке, дает возможность однозначно установить: 1) отсутствие железистых кварцитов; 2) какими породами сложен докембрийский фундамент; 3) какова природа магнитных аномалий.

При трактовке материалов комплексных геофизических исследований, проведенных на полосовых аномалиях, особых затруднений не встречается. Исключением являются одиночные участки, из которых наиболее интересен Бугровский, отличающийся резким расхождением данных вариометрии и магнитометрии. Расхождения проявляются в следующих видах.

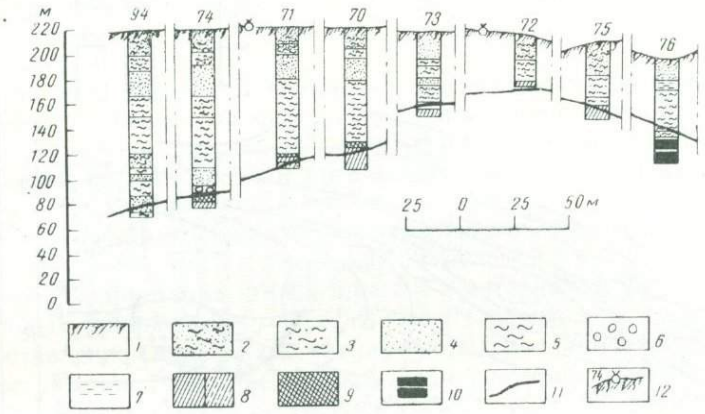
1. По данным магнитометрии, пласт железистых кварцитов выклинился, вариометрия прослеживает его дальше. Это явление может быть объяснено значительным уменьшением содержания магнетита в пласте железистых кварцитов за счет мартитизации.

2. Местоположение пласта, по данным магнитометрии и вариометрии, не совпадает. Картируются как бы два пласта, тянущихся параллельно (один вызывает только гравитационную аномалию, второй только магнитную).

3. По данным вариометрии, пласт железистых кварцитов выклинивается, магнитометрия прослеживает его дальше.

Геологическое бурение на указанных участках не проводилось, поэтому причины расхождений остаются неясны. Трактовка геофизических материалов, полученных на узлах аномалий, отличается многочисленными трудностями, связанными в основном с неуверенностью в достоверности результатов при прослеживании пластов сланцев и гнейсов небольшой мощности, включенных в толщу кварцитов. Это может явиться причиной появления ложных пластов или пропуска существующих.

В случае широких полей сплошного развития кварцитов (например, Михайловское поле площадью 9 км^2) пропуск или ошибочное внесение пласта сланцев небольшой мощности не уничтожит представления о наличии поля железистых кварцитов (что существенно, так как такие объекты являются наиболее перспективными). При выявлении поля кварцитов небольшой мощности (например, Реутецкое площадью 1 км^2) наличие или отсутствие пропластка меняет облик узла.



Фиг. 9. Сейсмический разрез, профиль VI. Михайловский участок

1 — почвенный слой; 2 — суглинок; 3 — глина с песком; 4 — песок; 5 — глина; 6 — брекчия; 7 — сланцы; 8 — кварциты; 9 — руда рыхлая; 10 — руда плотная; 11 — поверхность докембрия; 12 — пункты взрыва

Наиболее полно комплексные геофизические исследования были проведены на Михайловском узле магнитных аномалий [7, 8]. Исследования проводились в течение 1949—1951 гг. последовательно методами магнитометрии, вариометрии, сейсмометрии и электрометрии.

Материалы сейсмической разведки оказали существенную помощь при интерпретации комплекса, предоставив точные данные о глубинах и рельефе докембрия, существенно меняющихся вдоль каждого профиля и от профиля к профилю.

На фиг. 9 приведен сейсмический разрез вдоль профиля VI, сопоставленный с колонками геологического бурения. Превышения в рельефе достигают 100 м и должны учитываться при интерпретации магнитометрических и гравиметрических материалов.

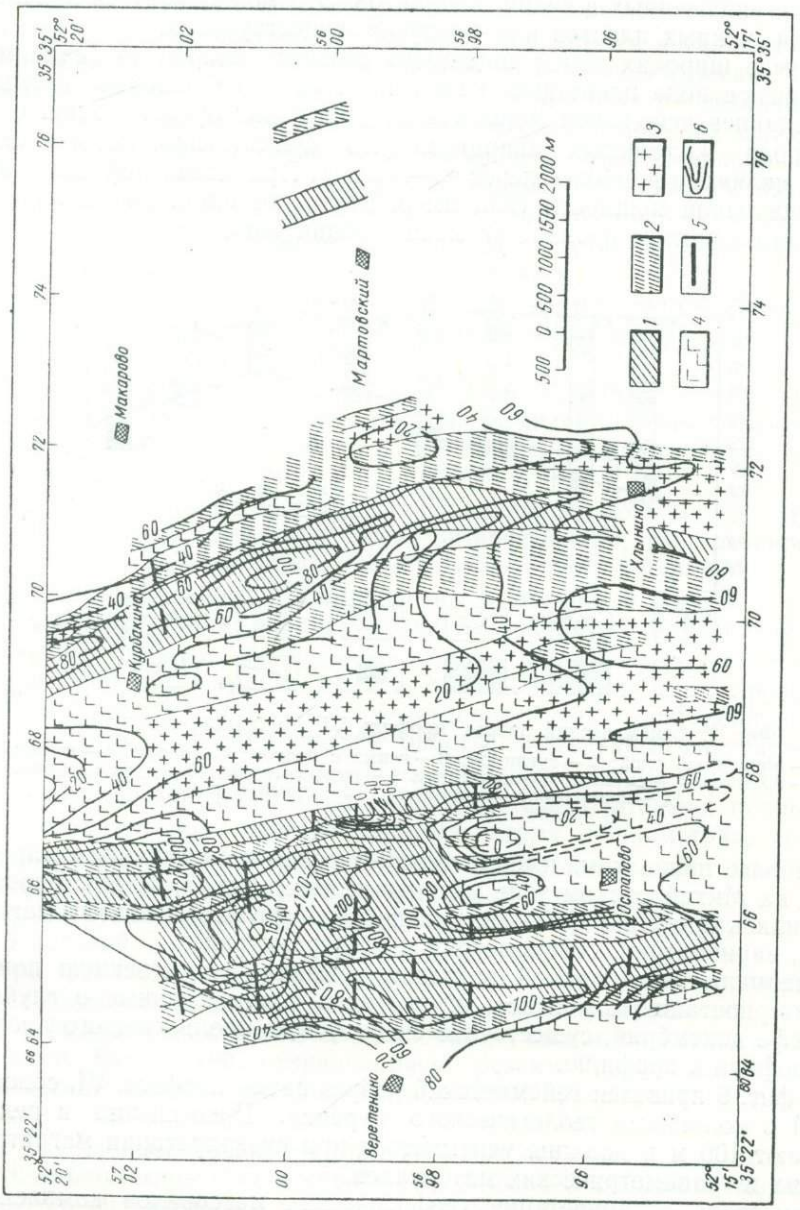
Совместная интерпретация геофизических материалов комплексных исследований дала возможность построить геологическую карту докембрия Михайловского участка (фиг. 10), при рассмотрении которой можно сделать следующие выводы.

1. Узлу аномалий соответствует широкое поле сплошного развития железистых кварцитов.

2. Участок перспективен в отношении поисков богатых руд, прослеживаемых на значительной части площади поля кварцитов.

3. В центральной части узла наблюдается поднятие кровли докембрия меридионального простирания.

4. С юга к полю железистых кварцитов примыкают пласты Жигаевской аномалии, а с севера — Бугровской.



Фиг. 10. Геологическая карта докембрия Михайловского участка
1 — кварциты; 2 — сланцы; 3 — граниты (предположительно); 4 — гнейсы (предположительно); 5 — зоны рудной интерференции; 6 — изогипсы

5. В восточной части карты прослеживается пласт железистых кварцитов видимой мощностью до 600 м.

6. Между восточной и западной полосой кварцитов докембрий сложен, повидимому, гнейсами, прорванными в центральной части гранитами.

Все основные выводы геофизических исследований Михайловского узла подтверждены геологическим бурением.

Комплексные геофизические исследования методами магнитометрии и вариометрии проведены на большинстве аномальных участков центральных районов Курской магнитной аномалии, для которых глубина залегания докембрия известна сравнительно хорошо, что обеспечило надежные результаты интерпретации на полосовых аномалиях.

Исследования полным комплексом проведены на немногих участках КМА, особенно это касается периферии района, где наиболее сложные в отношении геологической трактовки участки требуют дополнительных исследований, вариометрических и сейсмических.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Получение полноценных геологических результатов от многолетних геофизических исследований немыслимо без анализа и обобщения всех геофизических и геологических материалов, полученных при изучении Курской магнитной аномалии, так как правильная методика разведки может быть разработана только на основе всестороннего изучения этих материалов.

Тематические работы по обобщению геофизических материалов, начатые в 1952 г., преследовали цель составить сводную работу о результатах геофизического изучения железорудного бассейна КМА с учетом геологических данных за весь прошедший период. Содержание тематических работ заключается в следующем.

1. Сбор и систематизация всех геологических и геофизических материалов, полученных при исследовании КМА.
2. Переинтерпретация геофизических материалов прошлых лет на основе новых данных геолого-геофизических работ.
3. Составление единых карт магнитного и гравитационного поля КМА.
4. Составление геологических карт: гипсометрии кровли докембрия и фактического материала по геологическому строению докембрия, которые в дальнейшем послужат основой для составления структурной карты докембрия.
5. Рекомендации о дальнейшем направлении геологоразведочных работ и методике комплексных геофизических исследований.

В результате тематических работ в настоящее время составлены:

1) каталог литературы, касающейся вопросов геофизического и геологического изучения Курской магнитной аномалии;

2) карта геолого-геофизической изученности КМА с каталогом аномалий;

3) карта вертикальной составляющей магнитного поля КМА в масштабе 1 : 200 000;

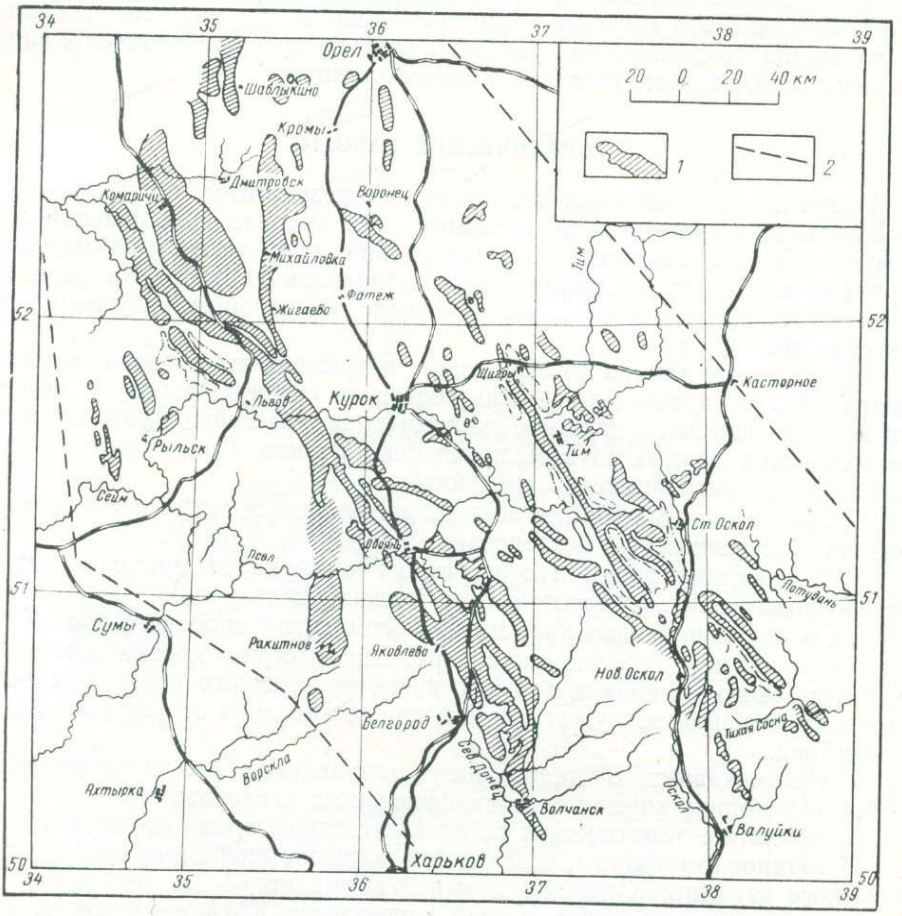
4) карта гипсометрии кровли докембрия в масштабе 1 : 500 000;

5) предварительная карта прогноза железорудности бассейна КМА.

Ведутся работы по составлению карты фактического материала по геологическому строению докембрия и по переинтерпретации геофизических материалов прошлых лет.

Карта прогноза железорудности бассейна (фиг. 11) составлена по данным магнитометрии с учетом данных: бурения, вариометрии, сейсмической разведки и гравиметрической съемки с гравиметрами. Карта дает общее представление о площади распространения железистых кварцитов докембрийского возраста и границах бассейна КМА. Для составления карты гипсометрии кровли докембрия был использован фактический геолого-геофизический материал, представленный данными скважин, вскрывших кристаллический фундамент, а также вертикального электрического зондирования и сейсмической разведки.

На участках, где отсутствовали какие-либо сведения о глубине залегания докембрия, использовались многочисленные гидрогеологические скважины (по А. А. Дубянскому), реконструированные до докембрия. Карта дает общее представление о рельефе кристаллического фундамента на территории КМА.

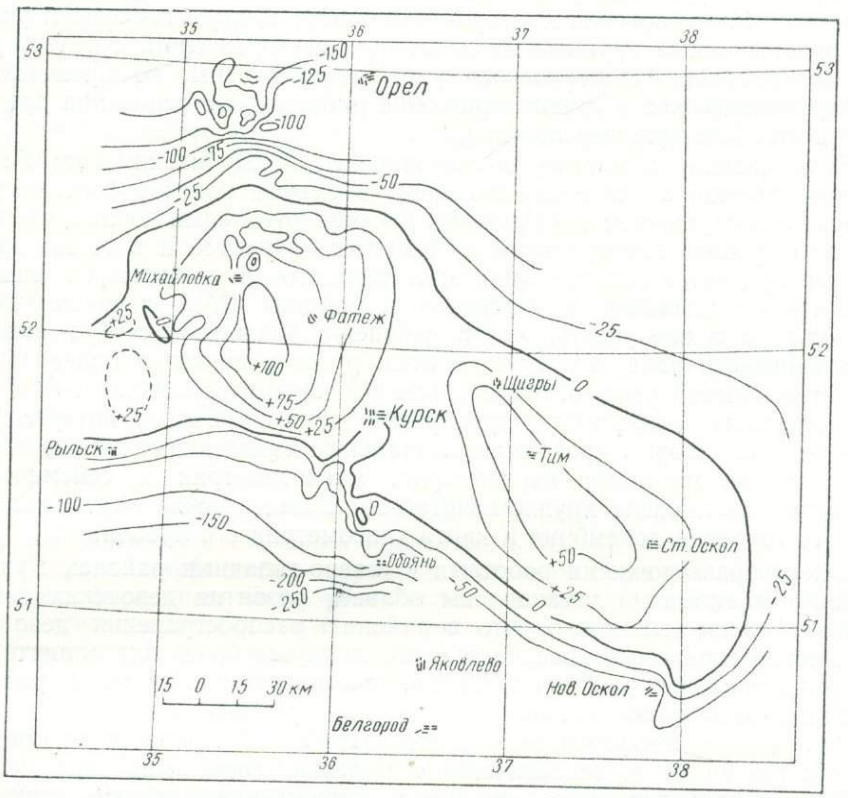


Фиг. 11. Карта прогноза железорудности бассейна КМА

1 — площади выявленного железного оруденения; 2 — граница железорудного бассейна

На карте гипсометрии кристаллического фундамента (фиг. 12) фиксируется обширное поднятие докембрийского фундамента, образующее антиклинальную складку с осью северо-западного простирания. Ось поднятия расположена по линии Старый Оскол — Фатеж. Антиклиналь осложнена двумя поднятиями: юго-восточным с максимальной отметкой +80 м (в районе Старого Оскола) и северо-западным с максимальной отметкой +178 м (в районе с. Михайловки), разделенных относительным погружением кровли в районе Курска. Наиболее быстрое погружение кровли кристаллического фундамента отмечается на юго-западном крыле антиклинали в направлении Днепровско-Донецкой впадины. Таким образом, железорудному бассейну КМА соответствует сравнительно крупная структура, осложняющая юго-западное крыло Воронежской антеклизы.

Тематические работы нельзя ограничить обобщением геофизических материалов, так как только совместный анализ геологических и геофизических материалов может дать необходимые сведения о структуре докембрия и отчасти об условиях формирования и контурах железорудного бассейна.



Фиг. 12. Карта гипсометрии кровли докембрия бассейна КМА
—25 — изогипсы

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геофизические исследованиия Курской магнитной аномалии внесли существенный вклад в изучение структуры докембрийского фундамента, к которому приурочены железорудные месторождения КМА, чем содействовали правильной ориентации поискового бурения.

Изучение магнитного и гравитационного поля КМА позволило установить площади развития железистых кварцитов и определить пока примерные границы железорудного бассейна.

Детальными магнитометрическими и вариометрическими работами закартированы пласты железистых кварцитов более чем на 30 аномальных участках и составлены карты пластов железистых кварцитов. Общая протяженность закартированных пластов составляет свыше 600 км при средней видимой мощности 0,25 км. Пластовые карты являются основой для проведения поискового бурения.

Геофизические исследования выявили ряд участков со сложным тектоническим строением кристаллического фундамента, так называемых узлов аномалий.

На узлах аномалий пласты железистых кварцитов смяты в сложные складки, образующие иногда сплошные поля железистых кварцитов. Перспективность таких участков в отношении поисков богатых руд более велика, чем одиночных пластов, в связи с более благоприятными условиями сохранения руд от эрозии.

Наиболее крупными узлами на КМА являются: Белгородский, Тетеревинский, Михайловский и Старо-Оскольский. К двум последним узлам приурочены самые крупные из известных месторождений богатых руд.

Исследования Тетеревинского узла не закончены, но проведенные магнитометрические и гравиметрические работы дают основания предполагать его большую перспективность.

Если правильно мнение, высказанное А. А. Дубянским, что Белгородские аномалии более перспективны в смысле поисков богатых руд, в связи с погружением этих районов в каменноугольный период, что прекратило процесс выветривания железистых кварцитов и в то же время размыв продуктов выветривания этих кварцитов, т. е. богатых железных руд, продолжавшийся в центральных районах КМА в последующие периоды, а также учесть, что в районе с. Яковлево, северо-западнее Тетеревинского узла, вскрыты богатые руды мощностью более 150 м, то Тетеревинский узел, отличающийся интенсивными магнитными и гравитационными аномалиями, приобретает исключительный интерес. Для участков, на которых проводились детальные комплексные геофизические исследования методами вариометрии, магнитометрии и сейсмической разведки, составлены крупномасштабные схематические карты геологического строения докембрия и карта гипсометрии его кровли.

Электроразведочными работами в северо-западных районах Курской магнитной аномалии установлены области развития девонских известняков. Вполне возможно, что в районах распространения девонских отложений горногеологические условия окажутся более благоприятными, чем в центральных районах КМА, где непосредственно на докембрийском фундаменте залегают сильно обводненные горизонты юры.

По данным геофизических исследований (электроразведка, сейсмическая разведка) и геологического бурения, составлена карта гипсометрии кристаллического основания, отражающая общую структуру докембрийского фундамента бассейна КМА. Сопоставление карты гипсометрии докембрийского фундамента с картой пластов железистых кварцитов показывает, что северо-восточная полоса приурочена к сводовой части поднятия, тогда как южная часть юго-западной полосы располагается на крыле антеклизы. Это связано с погружением южных районов Воронежской антеклизы в каменноугольный период во время формирования Днепровско-Донецкой впадины. Очевидно, в докаменноугольный период выходы пластов железистых кварцитов были приурочены к сводной части структуры и тянулись двумя хребтами параллельно оси структуры.

Двум наиболее крупным участкам сплошного развития железистых кварцитов — Старооскольскому и Михайловскому, как это фиксируется на карте, соответствуют относительные поднятия кровли докембрия, осложняющие общее сводовое поднятие. Можно предполагать, что в докаменноугольный период Белгородскому и Тетеревинскому узлу аномалий соответствовало также относительное поднятие в кровле докембрия. Тогда в районе развития этих узлов можно ожидать осложнение рельефа кристаллического фундамента, выражающееся в уменьшении угла погружения крыла складки с последующим резким увеличением его.

Сопоставление карты вертикальной составляющей магнитного поля бассейна Курской магнитной аномалии с картой гипсометрии докембрий-

ского фундамента позволяет сделать следующие выводы: общий характер распределения участков положительных и отрицательных значений магнитного поля отражает основные черты рельефа метаморфической толщи. Отрицательные значения магнитного поля в юго-западной и северо-восточной области карты отражают погружение кристаллического фундамента, а вклинивающееся с севера между Брянском и Жиздрой отрицательное поле фиксирует «Девонские ворота» Романовского. Следовательно, основные структурные особенности докембрийского фундамента на территории КМА отображаются картой магнитного поля.

Изучение гравитационного поля КМА привело к открытию, наряду с гравитационными аномалиями, созданными железистыми кварцитами, аномалий иного характера, указывающих на плотностную неоднородность толщи докембрия на участках, расположенных вне зон развития железистых кварцитов. Дальнейшее изучение этих аномалий должно расширить наши сведения о геологическом строении кристаллического фундамента.

Ракитнянская гравитационная аномалия может оказаться перспективной на поиски богатых руд большой вертикальной мощности, если исходить из предположения, что отсутствие магнитной аномалии связано с процессом мартитизации, проникшим на большую глубину. Комплексные геофизические работы, поставленные на этом участке, должны выяснить истинную природу аномалии.

В течение многих лет геофизические исследования всей территории Курской магнитной аномалии проводились только методом магнитометрии. Другие геофизические методы и поисковое бурение были сосредоточены исключительно вдоль узких полос магнитных аномалий. Очевидно, что геофизические и геологические исследования, приуроченные исключительно к магнитным аномалиям, не могли разрешить со всей полнотой проблемы Курских магнитных аномалий.

Проблема поисков богатых руд на территории КМА однозначна с проблемой изучения геологии кристаллического фундамента. В связи с этим с 1952 г. основные усилия геофизики направлены на изучение строения кристаллического фундамента, но успешное решение этой задачи возможно только в сочетании с геологическим бурением.

Богатый материал для изучения строения кристаллического фундамента, который представляют геофизические исследования, проводимые методами магнитометрии, гравиметрии и сейсмической разведки, может получить свое правильное и полное толкование только в том случае, если буровые работы будут вынесены за пределы выявленных площадей развития железистых кварцитов, связанных с магнитными аномалиями.

Вскрытие пород, слагающих участки, соответствующие гравитационным аномалиям различного типа или характеризующихся различными значениями сейсмических скоростей, даст основу для геологической интерпретации геофизических материалов, полученных вне основных хребтов магнитных аномалий.

С этой целью необходимо провести геологическое бурение по двумтрем линиям, пересекающим территорию Курской магнитной аномалии в широтном направлении. Буровые скважины должны быть расположены вне основных полос магнитных аномалий, на площадях развития пород нижнего и среднего отдела докембрия с учетом гравитационных аномалий (не связанных с магнитными), пересекаемых линиями бурения. Вдоль указанных линий необходимо провести маршрутные работы методами магнитометрии, гравиметрии и сейсмической разведки, а также определение физических свойств горных пород по керну скважин.

Эти работы значительно расширят наши знания по геологии докембрия, помогут расшифровать природу гравитационных аномалий и, тем самым, наметят решение поставленных поисковых задач. Геофизические работы предполагается проводить в направлении изучения геологического строения докембрийского фундамента и выявления площадей, перспективных на поиски железистых кварцитов и богатых руд.

Для решения первой задачи необходимо продолжать изучение гравитационного поля КМА и маршрутные сейсмические работы.

Для выявления железорудных площадей необходимо проведение комплексных геофизических исследований: на выявленных гравитационных аномалиях (вне основных хребтов магнитных аномалий) и на магнитных аномалиях в северных и южных районах периферии КМА.

Большой интерес представили бы геофизические работы, проведенные в направлении Кременчуга (Криворожский бассейн), Ворошиловграда (Донецкий бассейн), Липецка и Брянска (магнитные аномалии в районе которых, очевидно, одного происхождения с курскими магнитными аномалиями).

Указанные работы позволили бы связать в одно целое геофизические материалы обширной территории и послужили бы углублению наших знаний по геологии Русской платформы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. М.—Л., 1941.
2. Берзон И. С., Епинатьева А. М. и др. Руководство по применению высокочастотной сейсмики. М., 1952.
3. Дубянский А. А., Хакман С. А. Геология СССР. Т. VI, ГИГЛ, М., 1949.
4. Епифанов Б. П. и др. Генеральный проект геологоразведочных работ по железным рудам Курской магнитной аномалии. Рукопись. 1948. Фонды Московского геологического управления. Воронежский ГРТ.
5. Закашанский М. С. и др. Курс гравитационной разведки, Госгеолиздат. М., 1941.
6. Золозов Ф. С. и Русинович И. А. Результаты геологоразведочных работ по КМА за период с 1930 по 1935 г. включ. Рукопись. 1936. Фонды Московского геологического управления.
7. Иоспа М. М. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА. Рукопись. 1950. Фонды СЦГТ.
8. Иоспа М. М. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА. Рукопись. 1951. Фонды СЦГТ. М.
9. Логачев А. А. Курс магниторазведки. ГИГЛ, М., 1951.
10. Муро П. Магнитные определения в Курской губ. в 1946 г. Русское геогр. об-во, 32, 1898.
11. Никонов В. С. Результаты геофизических работ по КМА с 1930 по 1936 г. включ. Рукопись. 1938. Фонды ВГРТ. М.
12. Пильчиков Н. Д. Магнитные наблюдения между Харьковом и Курском в 1883 г. Изв. Русского геогр. об-ва, 19, 1883.
13. Тилло А. Белгородская и Непхаевская аномалии земного магнетизма по наблюдениям И. Н. Смирнова, Н. Д. Пильчикова и Д. Д. Сергиевского.
14. Труды ОККМА. Отчет о работах Комиссии по исследованию КМА. ГИЗ, 1920.
15. То же. Вып. II. ГИЗ, 1921.
16. То же. Вып. III. ГИЗ, 1922.
17. То же. Вып. IV. Труды магнитно-гравитационного отдела. ГИЗ, 1923.
18. То же. Вып. V. Труды геол. отдела. ГИЗ, 1924.
19. То же. Вып. VI. ГИЗ, 1925.
20. То же. Вып. VII. Труды геол. отдела. ГИЗ, 1926.
21. То же. Вып. VIII. Труды магнитно-гравитационного отдела. Промиздат, 1927.
22. То же. Вып. IX. Труды бурового отдела. Промиздат, 1927.
23. То же. Вып. X. Атлас магнитометрических карт. Промиздат, 1927.
24. Шмидт Н. Г. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА. Рукопись. 1949. Фонды СЦГТ, т. VI. М.
25. Шмидт Н. Г. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА. Рукопись. 1952. Фонды СЦГТ.

М. И. ОСТРОВСКИЙ

О РЕЛЬЕФЕ РУДНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОСНОВАНИЯ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ В РАЙОНЕ КУРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

На значительной территории, включающей Курскую и Белгородскую области, а также прилегающие районы соседних областей, в центре Европейской части страны расположены перспективные железорудные месторождения Курского бассейна.

В геологическом строении района принимают участие вертикальные или крутозалегающие докембрийские кристаллические образования, к которым приурочены пласты железистых кварцитов и залежи богатых руд и покрывающие их горизонтально лежащие осадочные отложения палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста.

Глубина залегания и рельеф поверхности докембрия служат исходными данными при выяснении многих геологических особенностей строения руднокристаллического основания, среди которых можно назвать следующие.

1. Черты рельефа в зонах распространения железистых кварцитов.
2. Структуры докембрия как возмущающие объекты гравитационного поля.
3. Относительные превышения у контактов пород различного петрографического состава.
4. Предположительные связи между рельефом и складчатыми структурами.

Необходимость достаточно объективного суждения о глубине залегания кристаллических пород вполне очевидна при расширяющемся с каждым годом фронте поисковой буровой разведки.

Кроме того, изменение мощностей осадочной толщи учитывается при освещении гидрогеологических вопросов.

В практике геофизических исследований анализ глубин возмущающего объекта имеет немаловажное значение. Геофизические разведки опережают геологоразведочные работы, потому часто они проектируются для территории, где сведения о глубинах залегания докембрия весьма проблематичны. Глубины в этих случаях оцениваются по данным ближайших изученных районов, нередко отстоящих на значительном расстоянии от проектируемой площади.

При магнитометрических и гравиметрических работах глубина залегания влияет на выбор сети наблюдений, следовательно, знание глубины позволяет наиболее экономично провести съемку аномалий.

В зависимости от глубины залегания возмущающего объекта определяется и способ гравиметрической разведки. Представление о глубинах залегания поверхности докембрия дает возможность наметить правильный выбор методики при решении тех или иных задач и при постановке электроразведочных и сейсморазведочных работ. Так, метод электропрофилирования может быть более или менее успешно применен при

глубинах не более 100—150 м; целесообразность изучения интерференции волн как признака наличия богатого оруденения ограничивается глубинами порядка 200—250 м.

Не менее важным является вопрос о глубинах докембрия и при интерпретации геофизических аномалий. При глубинах в два и более раз меньше мощности пласта на плане (при магниторазведке) для картирования мощных железистых пород успешно применяется графический способ интерпретации по экстремальным точкам кривой градиентов $\frac{dz}{dx}$. Если же глубина залегания превышает половину величины горизонтальной мощности, контуры пласта должны определяться путем аналитических расчетов или при помощи соответствующих палеток.

Несмотря на перечисленную многосторонность задач, разрешение которых в той или иной степени связано с знанием глубины залегания и структуры поверхности докембрия, долгое время все поисковые работы как геологоразведочные, так и геофизические проводились только в целях выяснения рудоносности той или иной аномалии.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КМА

После подтверждения И. Смирновым в 1874 г. близ Белгорода и ст. Крюково ранее замеченных резких отклонений магнитной стрелки, на территории КМА был проведен ряд магнитометрических наблюдений И. Д. Пильчиковым, А. Д. Сергиевским, А. А. Тилло, П. Муро, Э. Е. Лейстом и другими исследователями, которые по-разному пытались объяснить причины магнитных аномалий.

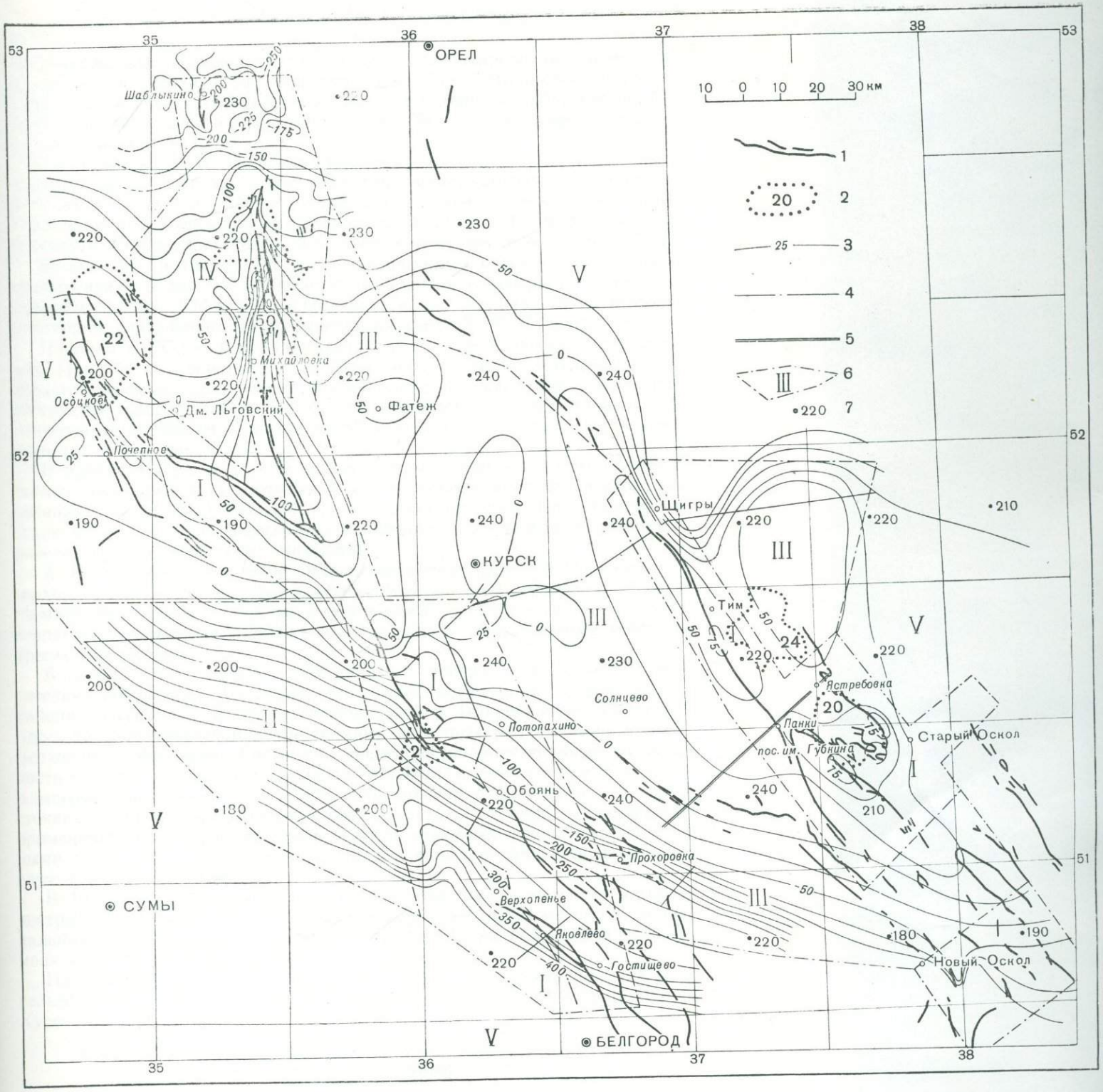
По материалам Э. Е. Лейста в 1908 г. впервые произведено бурение двух скважин в селах Непхаево и Кочетовка. Скважины были остановлены в мезозойских отложениях на глубинах соответственно 247 и 212 м. Никаких других геологических изысканий до 1920 г. не производилось.

Широкий размах получили исследования Курского железорудного бассейна в первые годы советской власти, осуществляемые Особой комиссией под руководством И. М. Губкина, А. Д. Архангельского и П. П. Лазарева. Глубокое бурение и геофизические съемки позволили выяснить многие особенности геологического строения, в том числе и кристаллического основания. Геофизические и буровые работы были направлены на изучение рудоносности докембрийского фундамента и в основном сосредоточивались вдоль полос магнитных аномалий.

В 1926 г. бурением на Щигровском, Тимском, Салтыковском и Огибнянском участках установлено, что наблюдаемые магнитные и гравитационные аномалии вызываются магнетитовыми железистыми кварцитами мощностью около 200 м, залегающими на глубине 150—200 м. До 1949 г. геологоразведочное глубокое бурение проводилось в пределах северо-восточной полосы Курской магнитной аномалии. На окружающей территории разбуривались преимущественно скважины гидрогеологического назначения, оканчиваемые в осадочных породах. К указанному периоду составляются первые региональные схемы поверхности докембрийских образований.

А. А. Скоркиным [1] в 1947 г. по отдельным изученным участкам (Щигры, Тим, район рудника им. И. М. Губкина и Новый Оскол) на картографической основе 1 : 750 000 масштаба проведены изогипсы докембрия через 25 м, а по линии Курск—Солнцево—Бобровы дворы к верховьям реки Потудань проведена «нулевая» изолиния.

А. И. Мушенко [6] в 1949 г. использует данные скважин, вскрывших девонские отложения в Воронежской, Курской, Орловской, Брянской,



Фиг. 1. Схематическая карта рельефа рудно-кристаллического основания Русской платформы в районе Курского железорудного бассейна.

Составили М. И. Островский и Н. М. Андреев

1 — оси магнитных аномалий (пласты железистых кварцитов); 2 — гравитационные максимумы с указанием интенсивности в мгл; 3 — изогипсы рудно-кристаллического основания; 4 — сейсмические маршруты и профили; 5 — электроразведочный профиль; 6 — участки примерно равноточного картирования рельефа; 7 — абсолютные отметки дневной поверхности

Тамбовской, Смоленской областях, и путем ориентировочных пересчетов определяет по ним глубину залегания докембрия. Это позволяет ей составить схематическую структурную карту докембрийских образований Воронежской антеклизы в масштабе 1 : 2 500 000 с непрерывным сечением изогипс, равным 50 м.

Составленная А. И. Мушенко схема впервые дала возможность представить в общих чертах характер рельефа кристаллического основания. В то же время увеличение геологических и геофизических исследований с задачами, тесно увязанными с региональной геологией, выдвигали необходимость составления более детальной карты поверхности докембрия.

Кроме того, в 1949—1951 гг. геофизическими работами и бурением прослеживаются пласты железистых кварцитов в северной части юго-западной полосы КМА и устанавливается значительная приподнятость докембрия, совершенно отсутствующая на карте А. И. Мушенко.

Начиная с 1952 г. все более расширяются геофизические исследования. Начинается площадная гравиметрическая съемка КМА, подготавливается материал для составления единой карты магнитного поля, проектируется трассирование поверхности докембрия по региональным сейсмическим маршрутам, анализируются результаты вертикальных электрических зондирований.

В начале 1953 г. с учетом новых данных бурения и геофизических съемок составляется схематическая карта рельефа кристаллического основания в масштабе 1 : 500 000 [7], на которой впервые были оконтурены основные структурные формы докембрийского ложа в области распространения курских магнитных аномалий.

А. И. Мушенко [6] в июле 1953 г. составляет структурную карту поверхности докембрия для всего района Воронежской антеклизы. Весьма схематический рисунок изогипс и отдельные неточности указанной карты, вероятно, допущены вследствие недостаточного использования геофизических материалов.

В течение 1953 г. фактические данные о поверхности докембрия значительно возрастают. Разбуривается серия скважин в юго-западных районах бассейна в пределах Верхопенской и Тетеревинской аномалий. Здесь устанавливается наличие мощных железных руд в районе полосы Верхопенье—Яковлево—Гостищево, фиксируются значительные по мощности пласты каменного угля. Таким образом, кроме получения данных о гипсометрии докембрия, в точках, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, отмеченные результаты бурения доказали, что применявшаяся раньше методика поисков полезных ископаемых отдельными скважинами вдоль полос магнитных аномалий является, в лучшем случае, мало эффективной.

В 1952—1953 гг. проведена гравиметрическая съемка северных и центральных районов. Выполнены сейсмические наблюдения по региональным линиям Курск—Белгород, Рыльск—Щигры—Советский и более мелким по протяжению профилям.

На основе нового фактического материала вновь составлена «Карта рельефа рудно-кристаллического основания Русской платформы в районе Курского железорудного бассейна» (фиг. 1).

ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПРИНЯТОГО ЗА ОСНОВУ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ КАРТЫ

При изображении рельефа рудно-кристаллического основания, кроме данных глубокого бурения, учтены результаты геофизических съемок и материалы гидрогеологических скважин. Среди геофизических работ необходимо особо остановиться на результатах электроразведки, прово-

дившейся в районе городов Дмитров-Орловский и Дмитриев-Льговский и по маршруту Вязовое—Панки, и сейсмической разведки по району Бугровской аномалии (севернее с. Михайловка) и отдельным региональным маршрутам.

Данные электроразведки

По району г. Дмитров-Орловский результаты электроразведочных работ отражены на гипсометрической карте кровли опорного геоэлектрического горизонта (докембрия), составленной М. И. Савинской [9]. Автором отмечалось, что точность определения глубин залегания опорного горизонта находится в пределах 15—80 м. При глубине залегания докембрия в среднем около 300 м приведенная погрешность составляет около 20%.

В 1952 г. в районе Бугровской аномалии проводились сейсмические работы [13], а в 1953 г. в 8 км западнее Михайловского узла аномалии пробурена скважина № 8-л [5]. По этим, несомненно, более точным данным представилось возможным внести коррективы в данные интерпретации вертикальных зондирований. Так, по скважине № 8-л абсолютная отметка глубины залегания гранитов составляет 68 м; по данным ВЭЗ, абсолютные отметки докембрия находятся здесь в пределах +20—0 м. По сравнению с данными сейсмической разведки, абсолютные отметки докембрия также завышены примерно на 80—100 м.

Исходя из указанных сопоставлений, можно предположить, что ВЭЗ в общих чертах правильно изображают изменение гипсометрии докембрия, но должны быть исправлены на —80 м за счет известняков девона, являющихся для ВЭЗ экранирующим горизонтом. Вместе с тем, для северной части участка введенная поправка на —80 м не может считаться в достаточной степени исчерпывающей, поскольку там сейсмические и буровые работы не проводились.

На территории Дмитриев-Льговского участка результаты количественной интерпретации представлены в виде схематической гипсометрической карты опорного горизонта, составленной Т. А. Малышевой [3].

Для южной части участка методом ВЭЗ установлен порядок глубин с точностью ±20%. В северной части отмечены глубины до известняков девона, которые послужили ориентировочными данными для установления максимальных глубин залегания кристаллических пород.

Расположенный в пределах Дмитриев-Льговского участка Осоцкий узел аномалий в 1951 г. изучен сейсмической разведкой, а в 1952 г. разбурен скважинами. По результатам бурения установлено, что на площади Осоцкого узла методом ВЭЗ получен относительно верный в рамках мелкого масштаба рисунок рельефа докембрия, т. е. опорный горизонт в северной части участка правильнее отождествлять с кровлей докембрия, а не известняков девона.

Характеризуя качество геоэлектрических работ, проведенных по маршруту Вязовое — Панки, М. С. Савинская [9] указывала, что точность определения глубин не может быть высокой, поскольку применявшаяся методика наблюдений ВЭЗ в зоне магнитных аномалий является неблагоприятной для количественной интерпретации. Однако результаты бурения в северо-восточной части маршрута (совхоз «Казацкая степь») и сейсмические работы близ юго-западного участка маршрута хорошо увязываются с данными электроразведочных работ. Повидимому, в районе маршрута глубины докембрийского кристаллического фундамента определялись с ошибкой не более чем ±15—20%.

Данные сейсмической разведки о глубинах

Кроме результатов детальных сейсмических исследований в отдельных районах, при составлении карты учтены глубины залегания докембрия, установленные по сейсмическим маршрутам Курск—Белгород, Курск—Рыльск и Курск—Щигры—Советский, привязанным к скважинам Курск, Лукашевка, Щигры, Ивня, вскрывшим кристаллические породы докембрия, и профилям, именуемым соответственно населенным пунктам: Благодатное, Сторожевой, Касиновский, Ракитянский, Яковлевский и Прохоровский (фиг. 1). Порядок глубин определен с ошибкой ±7—15%.

Материалы гидрогеологических скважин

В целях частичного заполнения фактическим материалом участков, где на значительных расстояниях вовсе отсутствуют сведения о положении поверхности докембрия, а также для относительной проверки геофизических данных в зонах отсутствия глубоких скважин, были использованы гидрогеологические разрезы А. А. Дубянского [1].

Непосредственная задача состояла в том, чтобы изучить геологические закономерности изменения мощностей различных (особенно более глубоких) горизонтов осадочной толщи и с двух-трех направлений получить абсолютные отметки докембрия в интересующей точке путем реконструкции нижней части разреза до кристаллического основания. В случае расхождения отметок в одной точке в пределах 20—30 м данные реконструкции считались допустимыми. Кроме того, некоторые скважины (Мармыжи, Сухой) увязывались с данными сейсмического разреза по маршруту Курск—Щигры—Советский.

Особенное внимание уделялось разрезам с пунктами, где в последние годы осуществляется проходка глубоких скважин, вскрывающих докембрийскую толщу. Колонки по этим скважинам сопоставлялись с разрезами А. А. Дубянского и по уточненным разрезам с дополненными «новыми» нижележащими горизонтами до кристаллического основания включительно производилось более уверенное определение абсолютных отметок докембрия в выбранных точках. Таким образом, при реконструировании разрезов № 3—4—5—12—14—15 [1] были определены абсолютные отметки докембрия в следующих пунктах (в м):

1. Дмитриев-Льговский	+25
2. Фатеж	+60
3. Свобода	—25
4. Сухой	+40
5. Мармыжи	+60
6. Н. Касторное	+15
7. Ржава	—25
2. Безобразовка	+25

Примеры: определение абсолютной отметки докембрия в пункте Ржава.

1. Гидрогеологический разрез № 5 дополнен скважинами Потопахино (1952 г.) и В. Реутец (1953 г.), расположенными западнее скважины Ржава. Полученное по этим скважинам положение кровли докембрия продлено при сохранении мощностей кроющих пород, залегающих ниже турона, до соседней к востоку скважины Ржава. При указанной рекон-

струкции абсолютная отметка Ржавы составила —15 м. По скважинам в районах Старого Оскола и «Казацкая степь» (1952 г.) мощности осадочных пород, залегающих ниже туронских отложений, перенесены на скважину Ржава. В результате указанной экстраполяции с востока в Ржаве получена абсолютная отметка докембрия —20 м.

2. Гидрогеологический разрез № 15. Реконструкция проведена от скважины Лозовка (Щигровский участок). При этом абсолютная отметка докембрия взята на основании разреза № 4, где фиксирована отметка +67 м, что в действительности соответствует положению докембрия на Щигровском участке. Мощность отложений девона, юры, нижнего мела и сеноманского яруса по скважине Лозовка по разрезу № 4 перенесена на скважину Ржава на разрезе № 15. В результате графически получена отметка докембрия —40 м.

В итоге средняя отметка в пункте Ржава составила $(15+20+40):3=25$. Аналогичным путем определены отметки и в других точках. Погрешность определения глубин при реконструировании разрезов, повидимому, не превышает 10—15%.

Некоторые особенности карты

Следует отметить, что на отдельных участках (Михайловский, Осоцкий) абсолютные отметки докембрия резко колеблются, так что в некоторых точках относительное превышение на расстоянии 0,5 км достигает нескольких десятков метров (до 80). В масштабе 1 : 500 000 такие изменения рельефа выразить невозможно, поэтому для детально разбуренных районов абсолютные отметки докембрия усреднялись, а детали местного характера не принимались во внимание. Изолинии проводились через точки с соответствующими значениями абсолютных отметок или между точками по принципу линейной интерполяции. В некоторых случаях, когда фактических данных явно недоставало, а характер рельефа по имеющимся геофизическим данным оставался однородным, применялась экстраполяция отметок на расстояние, ограниченное сечением, равным 25 м. При изображении рельефа докембрия не учитывались мелкие отклонения изогипс от основного простирания, особенно если они вырисовывались недостаточно уверенно по данным геофизических съемок.

Схематическая карта рельефа докембрия Курского железорудного бассейна не является по всей своей площади одинаково точной. Основываясь на анализе фактического материала, можно в первом приближении считать, что отдельные участки при определении глубин залегания рудно-кристаллического основания характеризуются следующими погрешностями (табл. 1).

Таблица 1

Участки	Группа точности	Погрешность %
Старооскольский	I	до 10
Обоянский	I	„ 10
Михайловский	I	„ 10
Новооскольский	I	„ 10
Рыльский	II	„ 15
Фатежско-Ржавский . . .	III	„ 20
Дмитров-Орловский . . .	IV	„ 30
Краевые зоны карты . . .	V	„ 35

Участки примерно одинаково точного определения глубины залегания докембрия в таблице и на карте обозначены одинаковыми римскими цифрами.

В целях непосредственного определения по карте глубины залегания докембрия на всей ее площади равномерно распределены усредненные абсолютные отметки дневной поверхности.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ РУДНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОСНОВАНИЯ

Территория Курского железорудного бассейна приурочена к крупному сводовому поднятию Русской платформы — Воронежской антеклизе. Северный склон антеклизы, сложенный средне- и верхне-девонскими осадками, сочленяется с южным крылом московской синеклизы. На юге, в кровле докембрия залегают нижнекаменноугольные осадки; южное крыло антеклизы одновременно является северным крылом Днепровско-Донецкой впадины.

В центральной части района отмечается узкая полоса широтного простирания, проходящая через Реутец—Потопахино, в районе которой палеозойские осадки совершенно отсутствуют и на метаморфические образования докембрия непосредственно налегают юрские отложения. Выходы на дневную поверхность докембрийского кристаллического фундамента известны только в восточной части антеклизы (Павловские и Богучарские граниты). На площади же Курского бассейна докембрий вскрыт скважинами и фиксирован геофизическими работами на глубинах от 28 до 600 м.

При рассмотрении схематической карты рельефа рудно-кристаллического основания (фиг. 1) намечаются следующие особенности в строении поверхности докембрия.

Наиболее приподнятая область, оконтуренная нулевой изолинией, протягивается в северо-западном направлении (азимут 300°) по линии Старый Оскол—Курск—Дмитриев-Льговский, где она, повидимому, замыкается, оконтуривая Осоцкие и Почепнянские аномалии. На юго-востоке, продолжаясь в сторону Острогожска, Павловска, она непосредственно связывает изучаемую область с восточной частью Воронежской антеклизы.

Указанная приподнятая область может быть определена в качестве общей основной структуры поверхности рудно-кристаллического основания.

В районе Курска наблюдается относительное погружение, ориентированное перпендикулярно к простиранию основной структуры. Отмеченный ундуляционный перегиб разделяет поднятие на два участка: Тимской (юго-восточный) и Михайловский (северо-западный). Характерно, что гипсометрические оси этих участков примерно совпадают с осями магнитных аномалий, простираясь соответственно под азимутами 325 и 350°. Таким образом, положение Тимского и Михайловского поднятий определяется приближением к меридиональному простиранию по сравнению с протяжением общего поднятия.

Тимское поднятие вытянуто по изогипсе +25 м на 100 км. Максимальные отметки приурочены к зонам распространения железистых пород: району Старооскольского узла аномалий и Тим-Панковской аномальной полосе, где они достигают значений +90 — +100 м. Кроме того, намечается относительно приподнятый участок и к югу от с. Мармыжи.

В северной части Тимское поднятие осложнено в районе г. Щигры прогибом с резким уклоном поверхности докембрийских образований до 22 м на 1 км. К югу от поднятия погружение также весьма интенсивно: 5—10 м на 1 км, в то же время западный и восточный склоны весьма пологи — около 1,5 м на 1 км, что лишний раз свидетельствует о продолжении положительных форм структуры в широтном направлении.

Михайловское поднятие характеризуется в общих чертах изометрической формой, с ориентировкой приподнятой части, как уже выше было указано, в меридиональном направлении. В центральной части по изолинии +50 м можно выделить Жигаевскую структуру, в пределах которой фиксируются наиболее возвышенные участки. В южной части Жигаевская структура имеет в плане треугольную форму. Значительный уклон в 6—8 м на 1 км на склонах сменяется относительно плоской возвышенной поверхностью оконтуренной по изогипсе +100 м. В северной части рассматриваемая структура вытянута вдоль Жигаевской аномалии, Михайловского узла и Бугровской аномалии. На Михайловском узле аномалий, сложенном массивом железистых кварцитов, установлено наиболее высокое возвышение рудно-кристаллического основания с абсолютной отметкой +178 м. Здесь же фиксируется и максимальный наклон поверхности докембрия, достигающий 35—38 м на 1 км. Другие более мелкие формы рельефа имеют местный характер. Наиболее сложным из них в морфологическом отношении является Осоцкий узел аномалий, где резкие изменения глубин связаны исключительно со значительным превышением узких полос кварцитов над окружающими породами на 60—80 м.

Севернее Михайловского поднятия происходит постепенное понижение склона (около 1—2 м на 1 км) в сторону Московской синеклизы, несколько осложненное мелкими структурами в районе Шаблыкинских аномалий. Наоборот, к югу от поднятия наблюдается резкое нарастание глубин залегания докембрия, достигающее 10—12 м на 1 км в сторону г. Сумы.

Аналогичная картина изогипс прослеживается и к востоку, к южному склону Тимского поднятия. Здесь, в зоне Рыльск—Обоянь—Новый Оскол параллельное положение изогипс подчеркивает повсеместное моноклинальное падение кровли докембрия в юго-западном направлении в сторону Днепровско-Донецкой впадины.

1. Черты рельефа в зонах распространения железистых кварцитов

На территории бассейна известны две крупные полосы магнитных аномалий: юго-западная, прослеживающаяся через города Белгород, Обоянь, Льгов, Михайловку, и северо-восточная, прослеживающаяся от района Валуек через населенные пункты Новый Оскол, рудник им. И. М. Губкина, Тим, Щигры. Положение аномальных полос ясно отражено на прилагаемой карте, где пласты железистых кварцитов фиксируют их оси.

На карте четко выявляется определенное соотношение между железистыми породами и их гипсометрическим положением. В центральной части Михайловского поднятия проходит северная часть юго-западной полосы, причем, согласно простиранию железистых кварцитов Осоцкой и Жигаевской ветви, оконтуриваются и контуры Михайловского поднятия. Примерно в том же плане наблюдается связь кварцитов северо-восточной полосы и наибольших превышений в районе Тимского поднятия.

В южной части бассейна на участках выходов в толще докембрия железистых пород также нарушается нормальный ход изогипс.

Реутецкому узлу аномалий сопутствует местное поднятие второго порядка, резкий выступ кристаллического основания фиксируется в районе новооскольских аномалий, уменьшение градиента уклона, выравнивание поверхности рудно-кристаллической толщи замечается в районе богатого рудопроявления по линии: Верхопенье—Яковлево—Гостищево и в районе Тетеревинского узла аномалий.

Таким образом как на крупных, так и на более мелких формах рудно-кристаллического основания прослеживается определенная закономерность, заключающаяся в том, что железорудные формации докембрия приурочены к положительным структурам, которые, в свою очередь, ориентированы по направлению осей магнитных аномалий и всегда наложены в плане под углом 25—50° к оси общей структуры бассейна.

2. Структуры докембрия как возмущающие объекты гравитационного поля

Гравитационные аномалии изучены по всей территории Курского железорудного бассейна за исключением крайнего юга. На основании данных многолетнего опробования плотностей горных пород достаточно четко установлено, что основными причинами гравитационных аномалий являются различные плотности пород по границам раздела:

1) рудно-кристаллический комплекс — породы осадочной толщи (средняя избыточная плотность 0,7);

2) внутри рудно-кристаллического комплекса: железорудная толща — вмещающие породы (средняя избыточная плотность 0,8).

Именно сочетание этих факторов, не говоря уже о возможных, важных по значениям избыточной плотности, разделах среди кристаллических пород докембрия, не позволяет уверенно и однозначно интерпретировать гравитационные аномалии.

Более вероятное геологическое толкование возможно при сопоставлении результатов гравиметрической съемки, с одной стороны, с рельефом докембрия, поскольку им обусловливается первая из отмеченных выше причин аномалии, и с другой стороны, с распространением полос железистых кварцитов.

Известно, что участки широкого развития кварцитов сопровождаются интенсивными гравитационными аномалиями, например: Старооскольский узел более +20 мгл, Михайловский узел +50 мгл. Близ полос железистых кварцитов обычно наблюдаются высокие градиенты силы тяжести 5—15 мгл/км.

В геофизических отчетах обычно справедливо подчеркивается приуроченность гравитационных аномалий к железистым кварцитам, но при этом нередко влияние неровностей поверхности кристаллической толщи считается второстепенным. На многочисленных примерах можно проследить действительное положение вещей.

1. Выше отмечались гравитационные максимумы: Старооскольский +20 мгл и Михайловский +50 мгл. Площадь распространения железистых кварцитов на первом из них значительно больше, а значение силы тяжести в два с лишним раза меньше, чем на втором. Избыточные плотности и условия залегания кварцитов для обоих участков однозначны.

Приведенное кажущееся несоответствие в первом приближении может быть легко объяснено при сравнении характера рельефа рудно-кристаллического основания для обоих узлов аномалий.

2. Вдоль Тим-Панковской аномалии на карте изоаномал [14] наблюдаются высокие градиенты силы тяжести (до 10 млг на 1 км); аналогичный рисунок изоаномал прослеживается вдоль северной части Ястребовской аномалии. Но между этими аномалиями располагается гравитационный максимум +24 мгл, не связанный с железистыми кварцитами, и градиенты аномального поля остаются довольно высокими: 6—8 мгл на 1 км.

При сопоставлении изложенных результатов с картой рельефа докембрия намечается связь гравитационного максимума с оконтуренным изолинией + 50 м поднятием южнее с. Мармыжи. Следовательно, возмущающим объектом гравитационного максимума служат не только железистые кварциты, но и поднятие кристаллических пород, причем, возможно, последнее на определенных глубинах слагается более плотными породами (например, интрузиями основного состава).

3. Меридиональная полоса повышенных значений силы тяжести оконтурена по линии: Сторожевое—Ракитное [14]. Интенсивность аномалии достигает 10 мгл, а градиенты силы тяжести — 8—10 мгл на 1 км и это в зоне отсутствия железистых кварцитов по данным магнитной разведки!

Изогипсы поверхности докембрия образуют в зоне Сторожевского гравитационного максимума изгибы в южном направлении по падению кристаллического ложа, свидетельствуя тем самым о наличии здесь поперечного гребневидного поднятия. Фиксируемые в районе этого максимума вариометрической съемкой зоны пород с небольшой избыточной плотностью 0,15—0,20 могут быть истолкованы как дайкообразные выходы изверженных пород в центральной части поднятия.

Гравитационные аномалии в районе Курска, станций Поныри, Городьково, Золотухино, Скородное, Солнцево и других местах, фиксируемые вне полос железистых кварцитов и характеризующиеся наибольшими 2—4 мгл/км градиентами силы тяжести (из-за большой нагрузки, как и полоса в районе Сторожевое, не показанные на карте) несомненно также связаны с поднятиями или понижениями кристаллического фундамента, причем эти неровности рельефа докембрия могут быть и не отмечены на представляемой карте в силу ее схематического характера (отсутствие данных, малые превышения и т. п.). Можно констатировать, что при анализе гравитационных карт с целью расшифрования геологической природы аномалии основное внимание должно быть обращено на характер рельефа рудно-кристаллического основания.

В районах, где гравитационные эффекты не соответствуют элементам рельефа, следует при помощи дополнительных геофизических съемок или теоретических данных обосновать новые предположения, имея в виду их последующую проверку бурением.

Наоборот, там, где аномалии отвечают докембрийским структурам, можно и должно в целях получения петрологической характеристики пород провести количественные расчеты аномалии.

3. Относительные превышения у контактов пород различного петрографического состава

Буровыми скважинами на территории бассейна вскрыт разнообразный комплекс изверженных и метаморфических пород докембрия: граниты, габбро, гнейсы, зеленокаменные породы, различные сланцы, известняки, рудные и безрудные кварциты.

В некоторых случаях плотные породы, например кварциты, резко возвышаются на несколько десятков метров над окружающими образованиями — сланцами, которые в силу меньшей устойчивости, повидимому, подвергались большему разрушению. Явления того же порядка,

вероятно, при определенных условиях имеют место и близ контактов плотных интрузивных пород основного состава со сланцами или гнейсами.

Выше отмечалась возможность наличия в толще докембрия дайкообразных интрузий в районе с. Сторожевое (по характеру изогипс и избыточной плотности пород). Рисуемый здесь меридиональный гребень сложен действительно плотными породами: турмалиновыми гранитами в Климовке и зеленокаменными образованиями в Долженково, а в районе параллельного прогиба вскрыты гранито-гнейсы в Каменке и кварцево-хлорито-серицитовые сланцы в Ивне. Таким образом, высказанное предположение не расходится с фактическим материалом.

Изменение гипсометрического положения поверхности докембрия на контактах различных по устойчивости пород, несомненно, в той или иной степени должно учитываться при крупномасштабном картировании.

4. Предположительные связи между рельефом и складчатыми структурами

Поверхность докембрия Курского железорудного бассейна сильно расчленена, отдельные впадины сменяются куполами и т. д. На составленной карте рельефа указанное расчленение, являющееся в общей части следствием избирательного неравномерного характера древнего размыва, не могло получить сколько-нибудь существенного отображения. Наиболее же крупные формы рельефа рудно-кристаллического основания несомненно имеют тектоническое происхождение, т. е. обусловлены колебательными движениями земной коры. В тесной связи с колебательными движениями должны были развиваться и складчатые структуры. В какой степени эта связь отражается на карте? Прежде всего отмечается совпадение простирания общей структуры поверхности докембрия в районе Воронежской антеклизы и простирания складчатости осадков каменноугольного возраста северной окраины Донбасса.

Указанное совпадение вряд ли случайно, тем более, что широко известны случаи замещения складчатости поднятиями. Для изучаемой области в целом и особенно для ее южной части, где происходит сочленение Воронежского массива с Днепровско-Донецкой впадиной, можно предположить тесную связь и во времени образования структур, которые в одном случае выражены в форме складкообразования, а в другом — в виде поднятия.

Образование Воронежского массива сопровождалось интенсивным размывом, в связи с чем в южной части бассейна каменноугольные отложения представлены нижним отделом, а далее к северу они совершенно исчезают. Таким образом, первое предположение состоит в том, что заложение общей структуры докембрия относится ко времени нижнего карбона.

Выше рассмотрены такие формы рельефа, как Тимское и Михайловское поднятия, оси которых совпадают с направлением полос железистых кварцитов, но с простиранием общей структуры поверхности докембрия образуют угол 25—50°. Железистые кварциты подвергнуты интенсивной складчатости, часто стоят на «головах» и во многих случаях залегают в ядрах докембрийских складок. Следовательно, намечается пространственная связь между докембрийской складчатостью и направлением отдельных поднятий. Вероятно именно к зонам распространения кварцитов приурочена наибольшая интенсивность древней складчатости. Следовательно, можно сделать второе предположение: районы распространения железистых кварцитов сохранили относительно более высокую тектониче-

скую активность и в платформенную стадию развития. Только теперь тектонический режим характеризуется интенсивным, несколько обособленным от общего хода колебаний относительным воздыманием.

ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КУРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

Изучение рельефа рудно-кристаллического основания имеет большое значение для поисково-разведочных работ. Представляемая карта вносит определенную ясность в вопрос о глубинах залегания докембрия при проектировании поискового бурения на различных участках, позволяет наметить районы для более детальной геофизической подготовки.

Еще более существенными представляются результаты картирования рельефа фундамента для регионального геологического изучения территории Курского железорудного бассейна.

Составление карты рельефа докембрия может рассматриваться как один из первых этапов на пути регионального изучения докембрийских образований на всей территории Курского железорудного бассейна. В частности, наряду с обобщающими картами гравитационного и магнитного полей гипсометрическая карта может послужить основным материалом для составления геолого-структурной карты кристаллического основания. При этом ряд геофизических аномалий на участках, не освещенных бурением, может получить определенную геологическую трактовку при сравнении с однотипными геофизическими структурами, изученными геологоразведочными работами. Несомненно, что при сравнении участков, сходных по рисунку изодинам и значениям *Za* или, соответственно, изоаномал и значениям Δg, геологическая природа возмущающего аномалию объекта может быть в той или иной степени расшифрована при сопоставлении глубины его залегания.

При дальнейшем обобщении материалов регионального характера необходимо продолжить изучение тектонических движений в период платформенного развития с тем, чтобы возможно детальнее представить историю развития структур с начала палеозоя до наших дней. Полученные при этом данные может быть позволят индуктивно, хотя бы в общих чертах, наметить особенности тектонического режима и морфологию структур в завершающем периоде развития докембрийской геосинклинали.

В указанном направлении в качестве тематического исследования могут быть рекомендованы работы по составлению карт мощностей и разрезов, а также карт изогипс поверхности для отложений девонской, каменноугольной, юрской и меловой систем.

Тщательный анализ регионального геолого-геофизического материала должен помочь решению многих вопросов с целью установления закономерностей распространения различных петрологических типов пород рудно-кристаллической толщи, условий образования залежей богатого оруденения, а также выработки определенной методики поисков и разведки новых железорудных месторождений Курского бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубянский А. А., Скоркин А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Воронеж, 1948.
2. Епифанов В. В. и др. Генеральный проект геологоразведочных работ по железным рудам КМА. Мосгеолуправление, Воронежский ГРТ, Рукопись, ВГФ, 1947—1948.
3. Иоспа М. М., Малышева Т. А., Островский М. И., Шмидт Н. Г. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе Курской Магнитной Аномалии в 1951 г. Рукопись, ВГФ, 1952.

4. Кулибаба И. Л., Русинович И. А. Результаты геологоразведочных работ на КМА по состоянию на 1.I 1951 г. Рукопись, Старый Оскол, ВГФ, 1952.
5. Мамлин Н. С., Мокшанов Г. М., Могилевский А. Н. Отчет о геологических результатах работ треста «Курскгеология» в 1953 г. Рукопись, Старый Оскол, 1954.
6. Мушенко А. И. Промежуточный отчет тектонического отряда о работах в области КМА. Рукопись, фонды треста «Курскгеология», 1953.
7. Островский М. И. О рельефе кристаллического основания Русской платформы в области КМА. (Объяснительная записка к карте масштаба 1 : 500 000, составленной Н. М. Андреевым, М. И. Островским, Н. Г. Шмидт). Рукопись, фонд СЦГТ, М. 1953.
8. Островский М. И., Шмидт Н. Г. К вопросу о бурении глубоких скважин на территории КМА (материалы КГЭ к обоснованию заложения структурных скважин). Рукопись, Фонды ЦГТ. М. 1953.
9. Савинский К. А., Шмидт Н. Г., Савинская М. С., Малышева Т. А. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА в 1950 г. и в первой половине 1951 г. Рукопись, ВГФ, 1951.
10. Федюк В. И. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА в 1949 г. Рукопись, ВГФ, 1950.
11. Шацкий Н. С., Дубянский А. А. Геология СССР, т. VI, ч. 1. Госгеолиздат, 1949.
12. Широков А. З. Рельеф и структура докембрийского основания Русской платформы. «Природа», т. 4, 1948.
13. Шмидт Н. Г., Островский М. И., Малышева Т. А. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе КМА в 1952 г. Рукопись ВГФ, 1953.
14. Шмидт Н. Г., Островский М. И. и др. Отчет о комплексных геофизических исследованиях в районе Курского железорудного бассейна (КМА) в 1953 г. Рукопись, ВГФ, 1954.

А. А. ПРОЗОРОВСКИЙ

СОСТОЯНИЕ РАЗВЕДАННОСТИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЙОНА КМА

Открытие курских магнитных аномалий относится к концу XVIII столетия, но вопрос о причинах магнитных аномалий долгое время не только не был разрешен, но даже и не поднимался. Более того, первое время как русские, так и западноевропейские ученые относились с недоверием даже к самому факту существования магнитных аномалий огромной интенсивности. Только в конце прошлого столетия на наличие крупных магнитных аномалий в районе Белгорода обратило внимание Русское географическое общество, взявшее на себя изучение обнаруженных аномалий.

Все дореволюционные работы Общества по исследованию аномалий были ограничены только магнитометрическими наблюдениями, если не считать начатое, но не законченное бурение Э. Е. Лейстом двух скважин: одной — в Непхаево, другой — в Кочетовке. Все же остальные геологические исследования в области развития магнитных аномалий в дореволюционное время проводились вне всякой связи с ними, так как правильные предположения Э. Е. Лейста о том, что причиной возмущения нормального земного магнитного поля является наличие на сравнительно небольшой глубине залежей магнитного железняка, по своим размерам превосходящим все к тому времени известные скопления этого минерала, не были поддержаны геологами. Отрицательное отношение к взглядам Э. Е. Лейста особенно усилилось под влиянием более чем осторожного отзыва Геологического комитета, некоторые члены которого даже подвергли осмеянию эти взгляды (С. Никитин, Н. Дитмар и др.). Такое отношение геологических кругов явилось результатом недостаточно глубокого анализа фактического материала, имевшегося уже в то время. Огромную роль сыграла, конечно, и обычная косность и недоверие ко всему новому, противоречащему установившимся взглядам. В результате всего этого решение вопроса о наличии железных руд в районе магнитных аномалий и о глубине залегания здесь кристаллических пород было отодвинуто более чем на двадцать лет.

Проведение крупных работ с целью не только выяснения области развития и интенсивности проявления магнитных аномалий, но и причин их обусловивших, было начато только после Великой Октябрьской социалистической революции. Уже в 1919 г. к исследованию выявленных магнитных аномалий привлекаются академики И. М. Губкин, А. Д. Архангельский, П. П. Лазарев, А. М. Терпигорев, возглавившие работы созданной по инициативе В. И. Ленина Особой комиссии по изучению Курской магнитной аномалии (ОККМА).

В период работы ОККМА, с 1919 по 1926 гг., на значительной территории были проведены геофизические работы, а также было пробурено 19 скважин, в том числе 13 скважин южнее Щигров, одна у

г. Тим, четыре вблизи с. Салтыково Старооскольского района и одна у с. Огибное.

В результате этих работ были не только несколько уточнены область развития и степень интенсивности магнитной аномалии, но и установлено, что магнитные аномалии вызваны наличием под покровом осадочных мезозойских и палеозойских пород мощных пластов железистых кварцитов, залегающих среди метаморфических пород протерозоя. В этот же период в результате лабораторных испытаний была доказана возможность получения из железистых кварцитов в процессе их обогащения концентратов с высоким содержанием железа.

Кроме того, эти работы позволили сделать вывод и о том, что «...по размерам магнитных аномалий далеко не всегда можно судить о количестве рудного минерала в кварцитах; уменьшение или даже полное затухание аномалий по осевой их линии отнюдь еще не говорит за обеднение пласта рудою или за переход его в безрудную породу или за исчезновение пласта. Благодаря тому, что магнетит железистых кварцитов тесно связан с гематитом и даже может нацело переходить в последний, порода при одном и том же содержании рудного железа может быть и резко и слабо магнитной и, наконец, при почти полном замещении магнетита гематитом может даже вовсе не вызывать на поверхности явлений магнитных аномалий. Если принять во внимание криворожские месторождения, то возможно даже думать, что наиболее богатыми рудою могут оказаться немагнитные разности кварцитов.

Естественно, что при указанных условиях для отыскания рудоносной породы, определения глубины ее залегания и выяснения деталей распределения руды в пласте магнитометрический метод может применяться только с известными оговорками и только там, где рудным минералом, по крайней мере в подавляющей массе, выявляется заведомо магнетит. В областях с немагнитной рудой на первый план должен быть выдвинут метод гравиметрический, а в областях, где характер рудного минерала в точности неизвестен, оба эти метода должны применяться совместно и друг друга контролировать» (Труды ОКМА, том VII, стр. 55).

К сожалению, это важное указание А. Д. Архангельского было забыто при проектировании последующих работ как буровых, так и геофизических.

Наиболее детально породы протерозоя в период работ ОКМА были изучены в Щигровском районе, где было получено полное пересечение буровыми скважинами как двухсотметровой толщи железистых кварцитов, так и прилегающих к ним вмещающих пород. На основании проведенных работ было высказано также предположение, что свита железистых кварцитов Щигровского района слагает крыло огромной синклинальной складки, ось которой проходит северо-восточнее линии Щигры — Тим.

К периоду работ ОКМА относится и открытие вблизи с. Салтыково сидерито-мартитовых руд с высоким содержанием железа, залегающих над железистыми кварцитами. Однако исследователи, приняв совершенно правильно обнаружение руды за продукт изменения железистых кварцитов в зоне выветривания, к сожалению, отнеслись к ним как к явлению случайному, не имеющему практического значения, допустив тем самым если и простительную, то крупную ошибку, последствием которой явилась задержка разведки, а следовательно, и освоения железных руд КМА.

Все материалы, полученные в результате работ, проведенных ОКМА, широко известны, так как полностью были опубликованы главным образом в 1923—1927 гг.

С 1926 по 1930 г. практически никаких работ по изучению КМА не производилось.

В 1930 г. Совет Труда и Обороны СССР принимает решение о проведении геологоразведочных и поисковых работ на КМА, и в первую очередь в Старооскольском районе, с целью изучения железистых кварцитов и поисков богатых железных руд. Кроме того, принимается решение о закладке в Щиграх шахты для выемки железистых кварцитов в количестве, необходимом для изучения их металлургических свойств, в том числе для проведения опытных плавок в заводском масштабе.

Выполнение намеченной программы геологических работ было возложено на геологоразведочный трест КМА НКТП, реорганизованный в 1938 г. в Воронежский геологоразведочный трест НКЧМ.

Эти работы, начатые в 1930 г. на руде участков Старооскольского района, привели к открытию уже в начале 1931 г. богатых сидерито-мартитовых руд на Коробковском, затем на Салтыковском, Лебединском и других участках. В связи с этим все работы были направлены только на поиски и разведку сидерито-мартитовых руд, изучение же железистых кварцитов практически не производилось.

В период с 1930 по 1941 г. поисковые и разведочные работы проводятся главным образом в Старооскольском районе в небольшом объеме южнее этого района (Новый Оскол, Волоконовка, Огибное) и две скважины были пробурены севернее Старооскольского района у г. Тим. Всего в этот период было пробурено около 600 скважин, в том числе 12 скважин у г. Новый Оскол, 9 — западнее Волоконовки, 1 — у с. Огибное Остальные 571 скважина были пробурены на территории Лебединского (285 скважин), Коробковского (175 скважин), Салтыковского (81 скважина) и других участков Старооскольского района. Общий метраж всех скважин, пробуренных за 11 лет этого периода, составляет 72 тыс. м.

В результате поисковых и разведочных работ, проведенных в 1930—1941 гг., установлено, что над железистыми кварцитами весьма часто залегают сидерито-мартитовые и сидерито-лимонитовые руды с высоким содержанием железа (50—60%), представляющие собой кору выветривания железистых кварцитов. В ряде районов мощность этих руд достигает 50—60 м, а количество их настолько значительно, что они уже представляют промышленный интерес. К сожалению, ни одно месторождение, в том числе и самое крупное — Лебединское, в этот период не было окончательно разведано. Одновременно с установлением наличия руд было также выяснено, что они залегают в неблагоприятных гидрогеологических условиях.

В этот же период была сделана попытка приступить к эксплуатации сидерито-мартитовых руд на Коробковском участке.

Работы по разведке КМА, прерванные войной, были возобновлены в 1948 г. геологоразведочными организациями треста «Курскгеология» Министерства геологии. Задачей этих работ было:

а) детальная разведка железистых кварцитов с целью возможного обеспечения в первую очередь запасами строительства пяти рудников с годовой производительностью каждого в 2,5—3,0 млн. т железистых кварцитов;

б) поиски остаточных гипергенных сидерито-мартитовых и сидерито-лимонитовых руд, залегающих в лучших горно-геологических и гидрогеологических условиях, чем уже известные залежи, а также поиски руд, залегающих среди кварцитов и уходящих на значительные глубины, как это имеет место в Кривом Роге и особенно в Кременчуге.

Эти работы, начатые трестом «Курскгеология» в 1948 г., продолжаются по настоящее время. В Старооскольском районе они направлены

почти исключительно на решение первой задачи, а в Михайловском, Тимском, Тамаровском, Обоянском районах и в небольшом объеме в других районах КМА — на решение второй задачи.

Всего в течение пяти лет (с 1948 по 1952 г.) было пробурено более 800 скважин с общим метражом около 180 тыс. м.

Проведение большого объема геологических работ позволило выявить, что область развития курских магнитных аномалий приурочена к Воронежскому кристаллическому массиву, являющемуся, как известно, наиболее древним и наиболее крупным положительным структурно-морфологическим элементом западной части Русской платформы.

Из пород, принимающих участие в геологическом строении области развития магнитных аномалий, наиболее древними являются метаморфические и интрузивные породы протерозоя, трансгрессивно перекрытые палеозойскими и мезозойскими осадками.

Поверхность кристаллического массива имеет порой сильно расчлененный рельеф. В некоторых случаях впадины кристаллического фундамента заполнены мезозойскими осадками, но чаще же на наиболее пониженных участках, на размытой поверхности протерозоя, залегают породы средне- либо верхнедевонского возраста. Амплитуда этих древних форм рельефа поверхности кристаллического фундамента достигает 45—50 м, а время их формирования приходится на чрезвычайно длительный континентальный период, который господствовал здесь до отложения девонских образований.

Наиболее древними осадочными породами района являются пестроцветные, чаще зеленоватые сланцеватые глины, порой известковистые. Среди глин встречаются прослои известняков, песчаников, в том числе конгломератовидных, и песков. Этот комплекс пород относится к Старооскольским слоям живетского яруса среднего девона. Наличие в породах большого количества старооскольских слоев пирита и сидерита, а также присутствие в глинах хлорита указывает на развитие восстановительной среды в придонных частях бассейна.

Выше, на породах старооскольских слоев или непосредственно на размытой поверхности протерозоя, залегает комплекс пород, относящихся к щигровским слоям франского яруса, имеющий довольно ясно выраженное двухчленное деление. Нижняя часть щигровских слоев представлена главным образом континентальными осадками, а верхняя — морскими образованиями, знаменующими собой нижнефранскую трансгрессию.

В конце верхнего девона общее поднятие платформы, связанное с началом варисского тектогенеза, повидимому, приводит к поднятию и центральной части Воронежского массива и установлению континентального режима. В момент формирования Донецкого бассейна и Днепровско-Донецкой впадины в каменноугольный период южная и юго-западная части свода Воронежского кристаллического массива погружаются под воды каменноугольного моря. Каменноугольные отложения, залегающие на размытой поверхности докембрия и представленные глинами, известняками, песками и песчаниками с прослоями углистых и глинистых сланцев и угля, в районе Нового Оскола и Валуек относятся к визейскому ярусу, а в районе южнее Обояни — к турнейскому (?) ярусу.

Мощные проявления варисского диастрофизма на юге приводят вновь к поднятию массива. Наступает длительный период континентального выветривания.

Новое осадконакопление в пределах Воронежского кристаллического массива связано с его погружением в южном направлении. В эпоху

мальма под воды верхнеюрского моря погружается, видимо, вся область массива. Но надо отметить, что юрская трансгрессия развивалась очень неравномерно, береговая линия испытала многократные перемещения. В конце юры на Русской платформе, после повсеместной регрессии моря, устанавливается озерный или лагунный режим. Представлены юрские отложения обычно глинами, переслаивающимися с тонкозернистыми песками, реже — известковистыми песчаниками. Иногда среди этих отложений встречаются обуглившаяся древесина, стяжения марказита и пирита, а также конкреции фосфорита. Для юрских отложений характерна частая смена указанных выше пород по простиранию, а также резкие колебания мощности (от 1—2 до 30—50 м), особенно там, где они залегают непосредственно на докембрийских породах. Последнее обстоятельство объясняется тем, что юрские осадки залегают на весьма неровной поверхности либо карбона, либо девона, либо докембрия и, таким образом, их мощность, естественно, более значительна там, где они заполняют крупные депрессии древнего рельефа. Кроме того, мощность их возрастает в районе погружения массива на севере в сторону Московской впадины, а на юге в сторону Донецкого бассейна и Днепровско-Донецкой впадины.

Разрез меловых отложений начинается альбскими песками (по последним данным, возможно, глинами, в том числе сапропелитовыми, и песками валанжина). Отсутствие пород самых верхних ярусов юры и в ряде мест низов нижнего мела указывает на наличие эрозионного перерыва, примерно с оксфорда до апта включительно. Режим, аналогичный альбскому, сохраняется и в начале сеномана. К середине сеномана приурочена резкая смена физико-географических условий в области Русской платформы; нарушается связь с морями Арктики и новая широтная трансгрессия захватывает громадные пространства южной половины платформы, в том числе и область Воронежского кристаллического массива. Эти изменения условий находят свое отражение в литологии осадков мелового периода. Если альб и низы сеномана представлены кварцевыми разнозернистыми и отчасти даже глинистыми песками с редкими обломками костей рептилий (альб) и слюдистыми нередко глинистыми и глауконитовыми песками, с песчанистыми и фосфоритовыми конкрециями (низы сеномана), то выше залегает уже довольно однообразная толща мела верхов сеномана, туронского и коньякского ярусов и мергелей сантона.

Отложения верхних ярусов верхнего мела, как и низов палеогена, на территории Курской магнитной аномалии отсутствуют, а на размытой поверхности сантонских мергелей, либо даже на породах коньякско-туронского возраста, залегают пески и песчаники бучакского яруса эоцена — свидетели нового погружения Воронежского массива. Выше эти породы сменяются зеленоватыми мергелями, мергелистыми песками и глинами киевского яруса, перекрывающимися слюдистыми кварцево-глауконитовыми песками с прослоями песчаника и глинами, в том числе и опоковидными, харьковского яруса. Завершаются третичные отложения каолинизированными песками и кварцевыми песчаниками полтавского яруса с многочисленными отпечатками листьев.

Таким образом, в начале олигоцена третичное море отступает и отложения харьковского яруса являются последними морскими осадками в районе КМА.

Третичные породы, а там, где они смыты, меловые породы, почти повсеместно перекрыты четвертичными суглинками, аллювиальными песчано-глинистыми отложениями и иногда торфяниками. На склонах долин наиболее крупных рек встречаются также древнеаллювиальные

пески с линзами известковых глин, а в системе р. Оскол под древнеаллювиальными песками встречен вулканический пепел.

Общая мощность осадочных пород, перекрывающих протерозой, колеблется в очень широких пределах, достигая 450—500 м в районе Валуек, Яковлево и других южных и юго-западных районах, 250—270 м — в районе Нового Оскола, 180—200 м — у Тима и Щигров, 60—120 м — в Старооскольском и 35—180 м — в Михайловском районах. Мощность осадочных пород зависит как от абсолютных отметок современного рельефа, так и от абсолютных отметок поверхности протерозоя.

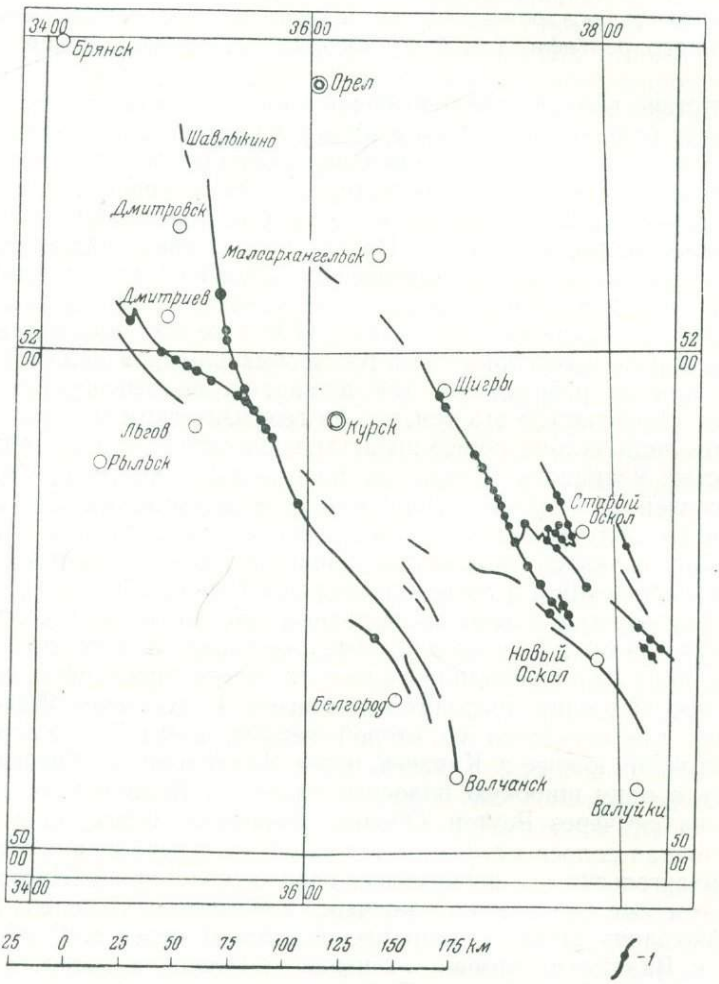
Отсутствие выходов протерозойских пород на поверхность, естественно, создает большие трудности в их изучении, так как делает невозможным применение при их картировании обычных методов геологических исследований. В этих условиях материал для составления геологической карты протерозоя и его изучения могут дать только буровые скважины и глубокие горные выработки. Несколько облегчает составление структурной карты протерозоя приуроченность магнитных и гравитационных аномалий в подавляющем большинстве случаев только к одному из его горизонтов — железистым кварцитам. И все же составление даже схематической карты докембрия является весьма сложной задачей и практически почти не разрешимой для площадей, не освещенных буровыми работами. Объясняется это тем, что по геофизическим материалам можно составить лишь весьма общее представление только о положении пластов железистых кварцитов, а там, где пласты залегают на глубине, равной или большей его видимой мощности, это невозможно. Все же анализ материалов, полученных в результате проведения поисковых и разведочных работ, а также анализа геофизических данных, позволяет сделать ряд предположений о строении протерозоя Курской магнитной аномалии.

Геофизическими съемками выявлены две сложные широкие полосы магнитных аномалий, имеющие северо-западное простирание (фиг. 1). Из этих двух полос западная полоса на севере начинается двумя ветвями, из которых одна проходит восточнее г. Севск через Яцыно до Костельцево, где сливается со второй ветвью, идущей к Костельцево от с. Шаблыкино, южнее г. Карачев, через Михайловку и Жигаево. Объединившись в одну широкую полосу в районе с. Костельцево, она простирается на юг через Реутец, Обоянь, Кочетовку, Белгород к Волчанску.

Восточная полоса магнитной аномалии на севере начинается западнее Малоархангельска и с перерывами прослеживается до Щигров, от которых потом уже непрерывно идет через г. Тим до с. Осколец, где одна ее ветвь, сохраняя прежнее направление, уходит через с. Огибное, Новый Оскол к Валуйкам; вторая — севернее с. Осколец резко поворачивает на восток и, дойдя до пос. Губкина, вновь разветвляется на две, из которых одна уходит на юго-восток через с. Салтыково — Волоконовку — Волотово в направлении к ст. Алексеевка, а вторая в районе восточнее пос. Губкина (Коробковский участок) и с. Лебеди, дойдя в широтном направлении до с. Стойло, резко поворачивает на северо-запад и, пройдя через Ястребовский район, затухает. Кроме того, юго-восточнее г. Старый Оскол установлена еще одна небольшая по площади и интенсивности магнитная аномалия, получившая название Висловской, а между западной и восточной полосами магнитных аномалий, на широте Огибное — Обоянь, наблюдается еще серия сравнительно небольших как по протяженности, так и по интенсивности магнитных аномалий, получивших название Прохоровских.

Наиболее хорошо геологически изучен район восточной полосы магнитных аномалий. Буровые работы на этой полосе, начатые еще

ОКМА, с перерывами проводились в том или ином объеме, южнее Щигров, в районе г. Тим и по полосе от Тима до Оскольца, в Старооскольском, Ястребовском, Новооскольском районах, отдельные скважины также были пробурены по полосе от Оскольца до Огибного, у Волоконовки, Волотово и Вислая. Всего в районе восточной полосы пробурено более тысячи наклонных и вертикальных скважин.



Фиг. 1. Схема распространения курских магнитных аномалий
1 — оси магнитных аномалий и пункты производства буровых работ

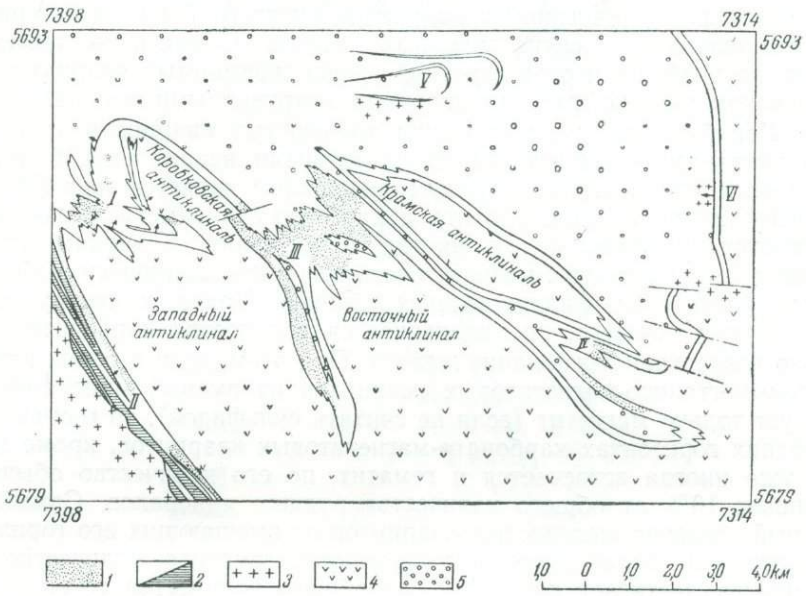
Бурение этих скважин позволило не только проверить факт приуроченности железистых кварцитов к полям интенсивных магнитных аномалий, но также и изучить в той или иной степени как железистые кварциты, так и вмещающие их породы протерозоя.

По данным буровых работ, породами подстилающими железистые кварциты, на севере, в районе Щигров, являются двуслюдистые, хлорито-слюдяные и кварцево-слюдяные сланцы, иногда с турмалином и гранатом, переслаивающиеся в верхней части с небольшими прослоями кварцитов с невысоким содержанием рудных минералов, а ниже — с двуслюдистыми гнейсами, среди которых встречаются прослои пород гра-

нито-гнейсового типа, а также породы, по структуре сильно напоминающие гранит.

В Тимском районе породами, вмещающими железистые кварциты, являются преимущественно слюдяные сланцы.

Южнее, в районе с. Осколец, подстилающими породами, развитыми западнее железистых кварцитов, являются биотитовые, в том числе филлитовидные сланцы и биотитовые гнейсы. Неглубокая вертикальная скважина, пробуренная в этом районе на восток от восточной полосы железистых кварцитов, встретила гнейсы.



Фиг. 2. Схематическая геологическая карта докембрия Старооскольского района КМА

1 — железные руды; 2 — железистые кварциты и сланцы среднего отдела протерозоя; 3 — граниты, гранодиориты; 4 — сланцы, гнейсы и кварциты нижнего отдела протерозоя; 5 — сланцы и известняки (?) верхнего отдела протерозоя

Месторождения: I — Коробковское; II — Салтыковское; III — Лебединское; IV — Стойленское; V — Лукьяновский участок разведок; VI — Стойленский участок разведок железистых кварцитов

В Старооскольском районе наиболее древними из известных пород являются роговообманково-биотитовые гнейсы и амфиболиты, тальково-амфиболовые и слюдяные сланцы, переслаивающиеся с безрудными кварцитами и парагнейсами бластопсаммитовой структуры. Этот комплекс пород выше сменяется горизонтом безрудных, почти не слоистых кварцитов, являющихся возможно аналогом аркозов Кривого Рога, а затем слюдяными и тальковослюдяными сланцами (фиг. 2).

Собственно железистые кварциты наиболее детально изучены на Щигровском, Коробковском, Салтыковском и Ястребовском участках. Большой же фактический материал по железистым кварцитам, полученный в 1952—1953 гг. при разведке Лебединского и Осколецкого участков, а также в Тимском районе, еще недостаточно изучен.

На Щигровском участке, во время работ ОКМА, было получено полное пересечение скважинами двухсотметровой толщи железистых кварцитов, которые по минералогическому составу и содержанию железа как общего, так и силикатного были разделены на семь горизон-

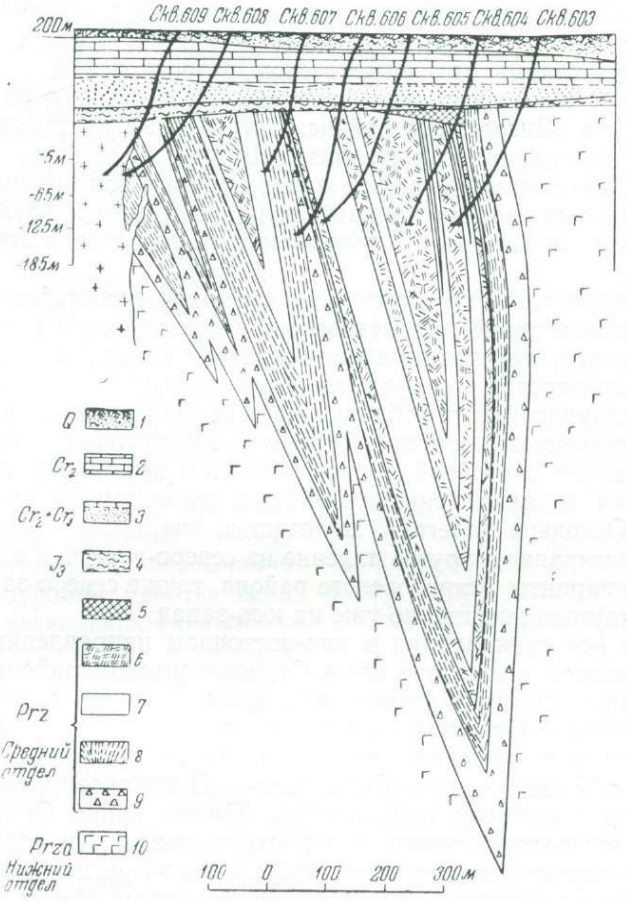
тов. К сожалению, это разделение на горизонты весьма условное, на что указывают и сами авторы классификации А. Д. Архангельский и В. И. Лучицкий (Труды ОККМА, том VII).

На Ястребовском участке толща железистых кварцитов, полностью в 1949 г. пересеченная скважинами, оказалась разделенной прослоями биотитовых сланцев с гранатом и тремолитом на шесть горизонтов, имеющих мощность от 3 до 35 м, при мощности пачек разделяющих их сланцев от 2 до 30 м. Суммарная мощность сланцевых прослоев равна 47 м, а кварцитовых — 90 м. По минералогическому составу железистые кварциты всех горизонтов весьма близки между собой. Можно только отметить, что для железистых кварцитов висячего бока характерно несколько большее развитие серицита, талька и частично тремолита. Таково же в общих чертах строение толщи железистых кварцитов и на Стойленском участке, где они прорваны интрузивными породами.

На Коробковском участке толща железистых кварцитов начинается и заканчивается куммингтонито-магнетитовыми кварцитами, в которых практически единственным рудным минералом является магнетит, а из нерудных, кроме кварца, биотита и карбоната, в заметном количестве встречаются куммингтонит, а иногда и тремолит. К верхам нижнего горизонта куммингтонито-магнетитового кварцита приурочен небольшой прослой биотитовых филлитовидных сланцев. Далее, к центру пласта, куммингтонит исчезает, но увеличивается количество карбонатов и несколько возрастает содержание железа. При этом, если в обоих горизонтах куммингтонито-магнетитовых кварцитов из рудных минералов присутствует только магнетит (если не считать сульфидов), то в сменяющих их средних горизонтах карбонато-магнетитовых кварцитов, кроме магнетита, уже иногда встречается и гематит, но его количество обычно не превышает 10% от общего количества рудных минералов. Самый центральный горизонт железистых кварцитов от вмещающих его горизонтов отличается еще более высоким содержанием гематита, количество которого иногда достигает даже 50% от общего количества рудных минералов, а в среднем составляет около 20%. Эти кварциты на Коробковском участке выделены в горизонт железнослюдково-магнетитовых кварцитов. Такая правильная повторяемость горизонтов снизу вверх может, по нашему мнению, являться отражением одного полного цикла седиментации, характеризовавшегося сходными условиями осадконакопления в начале и в конце цикла.

Указанная выше закономерность в строении толщи железистых кварцитов, выявленная нами на Коробковском участке, нашла свое отражение и в строении толщи железистых кварцитов Салтыковского участка (фиг. 3). На этом участке толща железистых кварцитов начинается горизонтом тремолито-актинолито- и куммингтонито-магнетитовых кварцитов, который может быть параллелизован с нижним горизонтом куммингтонито-магнетитовых кварцитов Коробковского участка. Выше этот горизонт кварцитов сменяется пачкой биотитовых филлитовидных либо двуслюдистых сланцев, как это имеет место и на Коробковском участке. Филлитовидные сланцы, как и на Коробковском участке, выше сменяются магнетитовыми кварцитами, в которых иногда присутствует тремолит и куммингтонит. В отличие от нижнего горизонта карбонато-магнетитовых кварцитов Коробковского участка, в этом горизонте на Салтыковском участке встречаются порой довольно крупные пачки кварцитов с повышенным количеством гематита. Самым верхним горизонтом железистых кварцитов Салтыковского участка является горизонт железнослюдково-магнетитовых кварцитов с содержанием гематита от 11 до 50%, при среднем — 20—25%.

Более высокие горизонты железистых кварцитов, аналогичные 4-му и 5-му горизонтам севера Коробковского участка, как и кроющие их породы, на Салтыковском участке отсутствуют из-за сравнительно глубокого среза синклинальных складок, в которые собраны железистые кварциты



Фиг. 3. Разрез по Салтыковскому месторождению

1 — почвенный слой и суглинок; 2 — мергель и мел; 3 — слой фосфоритовых желваков, песок; 4 — глина; 5 — железные руды; 6 — железнослюдково-магнетитовые кварциты; 7 — магнетитовые кварциты; 8 — сланцы двуслюдяные филлитовидные и кристаллические; 9 — магнетитовые кварциты с куммингтонитом, тремолитом и актинолитом; 10 — гнейсы

этого участка. В общих чертах такая закономерность в строении горизонта железистых кварцитов, по предварительным данным, характерна и для кварцитов Лебединского и Осколецкого участков.

Породами, кроющими железистые кварциты, в Щигровском районе являются филлитовидные биотитовые сланцы, которые выше сменяются вначале актинолитовыми, биотитовыми и карбонатными сланцами, переслаивающимися с кристаллическими известняками, а затем кристаллическими известняками.

На Лукьяновском и Осколецком участках кроющие породы представлены гранато-биотитовыми и биотитовыми сланцами, среди которых на последнем встречены также и известняки, а на Коробковском участке,

кроме указанных уже выше сланцев, присутствуют также и амфиболо-биотитовые сланцы.

На Лебединском участке кроющими породами являются биотитовые филлитовидные, серицито-биотитовые и карбонато-биотитовые сланцы, развитые севернее поля кварцитов.

В некоторых случаях метаморфические породы протерозоя прорваны гранитами по меньшей мере двух генераций. В частности, граниты были встречены скважинами на Салтыковском, Коробковском, Лукьяновском, Стойленском и Новооскольском участках. Наличие интрузивных пород установлено и в Щигровском районе. Встреченные интрузивные породы обычно носят следы резкого катаклаза. На этих же участках было также установлено, что метаморфические породы протерозоя прорваны не только гранитами, слагающими крупные поля, но и серией даек. Предполагают, что интрузивные породы прорывают все три отдела докембрийских образований.

Анализ результатов геофизических съемок и геологических материалов, полученных в процессе поискового и разведочного бурения, позволил придти к выводу о том, что в районе восточной полосы магнитных аномалий породы протерозоя образуют сложную складчатую систему с северо-западным направлением преобладающего большинства складок.

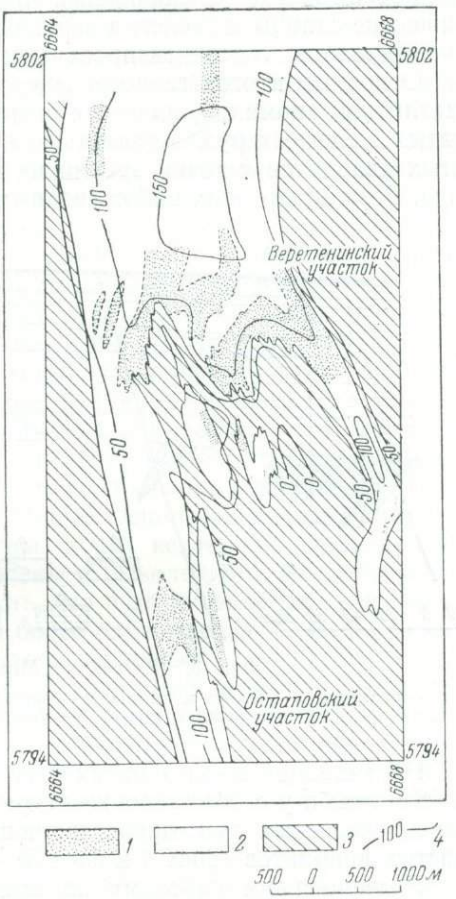
По существующему мнению, основной структурной единицей северной части района восточной полосы является весьма крупная сложная синклинальная складка (синклинорий), в западном крыле которой от Щигров до Оскольца залегают железистые кварциты, имеющие северо-западное простирание и крутое падение на северо-восток, а в восточном — железистые кварциты Ястребовского района, также северо-западного простирания и крутопадающие, но уже на юго-запад.

Поднятие оси синклинория в юго-восточном направлении обусловливает почти полное замыкание его в Старооскольском районе. Южнее он прослеживается только в форме двух узких и также сложных синклинальных складок — Огибнянской и Салтыковской, оси которых совпадают с осями магнитных аномалий, одна из которых проходит через Осколец на Огибное, а вторая — через Салтыково на Волоконовку, где происходит окончательное замыкание синклинория. Южнее линии Огибное — Волоконовка геологических данных о структуре протерозоя настолько мало, что сложная картина его строения совершенно не расшифрована и имеющиеся гипотезы высказаны только на основе весьма общих рассуждений.

Особенно сложно строение докембрия в Старооскольском районе в области замыкания синклинория. Здесь железистые кварциты принимают участие в строении нескольких крупных антиклинальных и синклинальных складок, размах крыльев которых измеряется километрами.

Изучение структуры Коробковского, Салтыковского и других участков Старооскольского района в 1948—1953 гг. показало, что эти крупные складки, в свою очередь, представляют собой также сложные складчатые комплексы. Так, на Коробковском участке, являющемся северным крылом так называемого западного антиклинала, детальные работы 1948—1953 гг. позволили установить, что средний отдел принимает участие в строении, по крайней мере, около десяти крупных, сильно сдавленных складок, осложненных поперечными перегибами и массой мелких дополнительных складок нескольких порядков, вплоть до плойчатости и микроскладчатости. При этом антиклинальная складка, ось которой проходит восточнее детально разведанной части Коробковского участка, с размахом крыльев свыше километра, является основной структурной единицей этого участка. Оси всех складок круто погружаются в северо-западном направлении.

Таким же сложным складчатым комплексом является и Салтыковский участок, детальные работы на котором позволили установить, что железистые кварциты участка, к западу и к востоку от которых развиты более древние породы, слагают ядро синклинальной складки, усложненной дополнительной складчатостью. Среди складок второго порядка четко выделяются три довольно крупные синклинальные складки, разделяемые сильно сжатыми антиклиналями. Осевые плоскости этих складок имеют северо-восточное падение. Простирание как основной, так и главных дополнительных складок северо-западное.



Фиг. 4. Схематическая геологическая карта Михайловского месторождения

1 — руды над железистыми кварцитами; 2 — железистые кварциты; 3 — кристаллические сланцы; 4 — изогипсы рельефа докембрия

Для складчатого комплекса Старооскольского района, как, повидимому, и для других участков КМА, характерно также наличие не только продольных антиклиналей и синклиналей, но и поперечных антиклинальных и синклинальных перегибов.

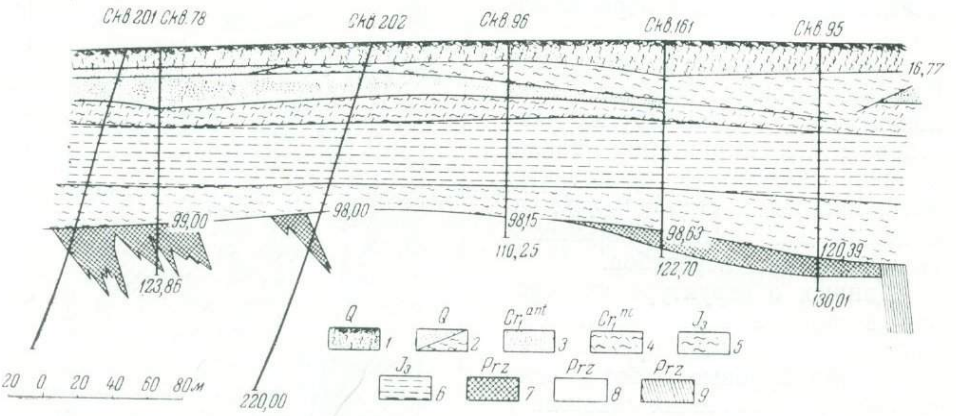
Данных о структуре протерозоя в районе западной полосы магнитных аномалий чрезвычайно мало, ибо буровые работы, если не считать нескольких скважин у с. Реутец, у г. Обоянь и одной у с. Яковлево, проводились только в северной части. Более того, и в северной части скважины бурились, во-первых, почти исключительно только по железистым кварцитам и, во-вторых, главным образом, вертикальными и, как правило, не выходили из зоны выветривания. В связи с этим, структура протерозоя здесь остается еще совершенно невыясненной. Можно только отметить, что отдельные скважины восточнее полосы магнитных аномалий, проходящих через Михайловку—Жигаево—Костельцево, встретили слюдяные сланцы и гнейсы, видимо, нижнего отдела, а западнее этой полосы—сланцы, возможно, верхнего отдела.

Материалы, полученные в результате проведения буровых работ на всех участках КМА, а также наблюдения в горных выработках, пока еще единственного рудника им. И. М. Губкина на Коробковском участке, показывают, что породы протерозоя в верхней зоне, в результате супергенных процессов, претерпели существенные изменения порой на довольно значительную (70—130 м) глубину от поверхности.

Сущность изменений железистых кварцитов сводится к интенсивному окислению содержащегося в них магнетита и нередко карбонатизации, сопровождаемых растворением и выносом из них кремнезема. В резуль-

тате этих процессов образовались в верхних горизонтах полосы железистых кварцитов, так называемые мартитовые, мартито-магнетитовые и мартито-гематитовые кварциты, а в дальнейшем при выносе из этих кварцитов кварца и других силикатов образовались залежи мартитовых и лимонито-мартитовых руд с высоким содержанием железа, представляющих собой как бы своеобразный элювий железистых кварцитов. Кристаллические сланцы и гнейсы в верхней зоне бывают хлоритизированы, серицитизированы, лимонитизированы и каолинизированы.

Основным итогом геологоразведочных работ, проведенных на Курской магнитной аномалии, является открытие и разведка указанных выше богатых железных руд, а также промышленная разведка и оценка железистых кварцитов с точки зрения их использования как бедных железных руд. Результаты этих работ сводятся к следующему.



Фиг. 5. Разрез по Михайловскому месторождению

1 — суглинки; 2 — пески и глины; 3 — пески; 4 — глины; 5 — пески и глины; 6 — глины; 7 — железные руды; 8 — железистые кварциты; 9 — сланцы

На западной полосе магнитных аномалий в 1949—1952 гг. в районе с. Жигаево и у с. Михайловка открыты и частично разведаны залежи богатых железных руд, представляющих собой кору выветривания железистых кварцитов (фиг. 4 и фиг. 5).

Разведочными работами на этих участках установлено, что запасы железных руд в Жигаево, видимо, невелики и на разведанной площади составили всего 9476 тыс. т (утверждены ТКЗ Мосгеолуправления, протокол № 14 от 21.VII 1952 г.), а эксплуатация их, по заключению ВСЕГИНГЕО, связано с необходимостью крупных работ по осушению месторождения, могущих окупиться только при достаточно крупных размерах залежей, каковыми, по мнению Технического управления Министерства черной металлургии, могут быть залежи с запасами в 40—50 млн. т руды. Значительно более перспективным месторождением является Михайловское.

Выявленные рудные тела Михайловского месторождения по своей форме могут быть разделены на два типа.

а) пластообразные тела, более или менее горизонтально залегающие над железистыми кварцитами, при этом форма тела не зависит от строения толщи железистых кварцитов;

б) линейно вытянутые, повидимому, сравнительно узкие тела, приуроченные либо к зонам дробления, либо к зоне выветривания определенных типов железистых кварцитов. Эти рудные тела порой уходят на значительную глубину в толщу железистых кварцитов и языкообразно выкли-

ниваются. Эти рудные тела по своей форме резко отличаются от первого типа рудных тел.

Мощность рудных тел колеблется в пределах от 1—2 до 30—60 м и в среднем составляет около 15,5 м.

В южной части западной полосы магнитных аномалий, как уже указывалось выше, буровые работы почти совершенно не производились в связи с тем, что глубина залегания докембрия в этой части КМА, по данным геофизических работ и имевшимся представлениям о мощности залегающих здесь осадочных мезозойских и палеозойских пород, должна быть не менее 400—600 м. Буровые работы с целью изучения докембрия были начаты в этом году у с. Реутец и с. Яковлево только в 1953 г. Одна из первых же заложенных здесь вертикальных скважин у с. Яковлево (скв. № 5) на глубине 470 м встретила богатые железные руды и прошла по ним 150 м. В настоящее время трудно дать правильную оценку этого открытия. Можно лишь предполагать, что скважиной встречено значительное по размерам месторождение богатых железных руд, правда, залегающих на большой глубине, но под устойчивой кровлей пород, состоящих из более чем стометровой толщи глин с прослоями известняков.

В области восточной полосы магнитных аномалий буровыми работами установлено наличие богатых железных руд в районе между г. Тим и с. Осколец (у с. Роговое и с. Лобовы Дворы), в Старооскольском районе (у сел. Панки, Салтыково, Коробково, Лебеди, Лукьяновка и Стойло), на площади Волотовской аномалии в районе с. Плюхино и в районе с. Верхососна, вблизи с. Волоконское и у г. Новый Оскол. Иными словами, богатые железные руды были встречены почти везде, где проводились поисковые буровые работы, за исключением Осколецкого, Ястребовского и Огибнянского районов, но если учесть, что в двух последних скважины бурились порой на расстоянии 5 км и более одна от другой, вопрос о наличии руд в этих районах нельзя считать решенным.

Задачей буровых работ на Висловской магнитной аномалии были также поиски богатых сидерито-мартитовых руд, но уже над железистыми кварцитами. Основанием для выбора этой аномалии для постановки буровых работ послужило предположение, что малая интенсивность магнитной аномалии на большой по ширине и протяженности площади объясняется глубокой мартитизацией железистых кварцитов, слагающих здесь широкое поле, аналогичное Михайловскому или Лебединскому. К сожалению, это предположение не подтвердилось. Все пять пробуренных здесь скважин, в том числе и скважина в точке максимального значения магнитного поля, встретили либо гнейсы, либо граниты.

Ниже в табл. 1 приводятся запасы железистых кварцитов, выявленные в процессе проведения поисковых и разведочных работ в районе восточной полосы магнитной аномалии, по состоянию на 1 января 1953 г.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что наиболее крупными из выявленных месторождений богатых железных руд в районе восточной полосы магнитных аномалий являются Лебединское, Салтыковское и Стойленское месторождения, расположенные в Старооскольском районе.

Из указанных трех месторождений более детально разведано самое крупное — Лебединское месторождение (фиг. 6). Это месторождение приурочено к восточному крылу синклинория, резко осложненному складчатостью нескольких порядков, в результате которой железистые кварциты собраны в серию сильно сжатых складок, имеющих северо-западное простирание с погружением осей в северном направлении. При этом на севере участка ядра и крылья как синклинальных, так и разделяющих их антиклинальных складок сложены железистыми кварцитами, а на юге, в

Таблица 1

Месторождения	Всего разведано в тыс. т по категориям				В том числе утверждено ВКЗ или ТКЗ в тыс. т по категориям			
	$B+C_1+C_2$	B	C_1	C_2	$B+C_1+C_2$	B	C_1	C_2
Богатые руды (содержание железа 47,5—55,6%)								
Лебединское	187 535	104 493	77 042	6 000	163 435	100 893	62 542	—
Стойленское	51 656	—	—	51 656	51 656	—	—	51 656
Салтыковское	36 586	—	4 325	32 261	36 586	—	4 325	32 261
Волоконовское	24 052	—	—	24 052	24 052	—	—	24 052
Новооскольское	20 971	—	—	20 971	20 971	—	—	20 971
Коробковское (на 1.1 1937 г.)	15 838	7 820	8 018	—	15 838	7 820	8 018	—
Лукьяновское	4 730	—	—	4 730	4 730	—	—	4 730
Итого	341 368	112 313	89 385	139 670	317 268	108 713	74 885	133 670
Железистые кварциты (содержание железа 30—33%)								
Коробковское (южное и северное)	754 558	436 589	317 969	—	660 458	395 089	265 369	—
Салтыковское	520 115	184 561	218 077	117 477	520 115	184 561	218 077	117 477
Лебединское	93 700	48 900	44 800	—	—	—	—	—
Оскольцкое	90 300	58 500	31 800	—	—	—	—	—
Итого	1 458 673	728 550	612 646	117 477	1 180 573	579 650	483 446	117 477

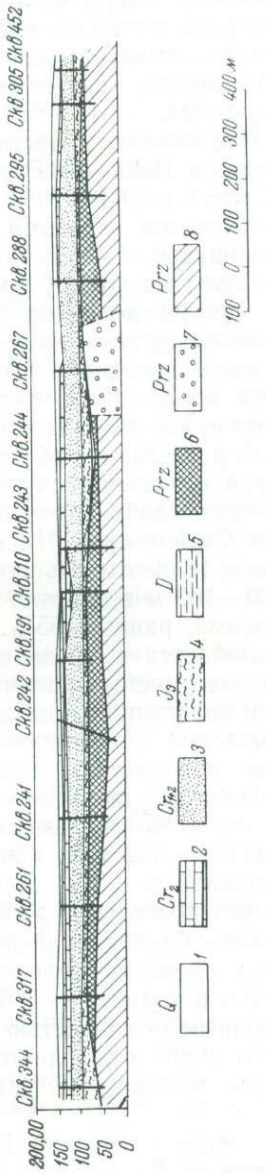
результате поднятия осей складок, на поверхность выходят и породы нижнего отдела, слагающие ядра антиклинальных складок. Комплекс метаморфических пород месторождения перекрыт осадочными породами юрского, мелового и четвертичного возраста, суммарная мощность которых колеблется в пределах от 50—80 до 160 м.

Все разведочные работы 1930—1941 гг. были приурочены к северной части участка, где на широком поле железистых кварцитов были обнаружены и разведаны богатые сидерито-мартитовые руды. Южная же часть месторождения до 1952 г. оставалась совершенно не разведанной, а собственно железистые кварциты были слабо разведаны и в северной части, так как огромное большинство скважин, пробуренных в период с 1930 по 1941 гг., бурились вертикальными и останавливались в зоне мартитизации железистых кварцитов. Подсчет запасов разведанных руд в 1947 г. утвержден ВКЗ.

Одновременно с разведочными работами в 1930—1941 гг. на Лебединском месторождении проводились крупные гидрогеологические работы, а также специальные инженерно-геологические работы по изучению устойчивости откосов запроектированного карьера, а в 1951—1952 гг. экспедицией ВСЕГИНГЕО специальные гидрогеологические работы с целью получения материалов для составления проектного задания и технического проекта разработки лебединских руд.

В 1952 г. на участке юго-западнее ранее разведанной залежи богатых сидерито-мартитовых руд было вновь начато производство геологоразведочных работ.

Основанием для проектирования работ послужило то, что проектные организации Министерства черной металлургии, приступив к составлению проекта разработки разведанных железных руд, не имели данных о полезных ископаемых южнее разведанной залежи. Это обстоятельство не позволяло проектировщикам учесть в проекте все экономические возможности месторождения. Более того, не было никаких оснований отрицать возможность встречи рудной залежи южнее ранее разведанной. Несколько позже в задачу проводимых работ была включена также детальная разведка с целью обеспечения разведанными запасами железистых кварцитов проектирования рудника с годовой производительностью в 2,5—3,0 млн. т.



Фиг. 6. Разрез по Лебединскому месторождению

1 — четвертичные суглинки и пески; 2 — мел; 3 — песок; 4 — песчаные глины и глинистые пески; 5 — глины, песчаник и брекчии (девон); 6 — сидерито-мартитовая руда; 7 — сланцы; 8 — железистые кварциты

Итогом геологоразведочных работ, проведенных в 1952 г., явилось: а) установление наличия богатых железных руд южнее ранее разведан-

ной рудной залежи; б) выявление запасов железистых кварцитов по категории $B+C_1$.

Вскрытая разведочными скважинами рудная залежь пока еще не оконтурена ни на юге, ни на севере. По предварительным данным, ее протяженность с севера на юг превышает 1,5 км, ширина достигает 300 м, вертикальная мощность около 10—20 м. Вопрос, является ли обнаруженная залежь самостоятельной или составляет единое целое с залежью ранее разведанной, еще не решен. Разведочные работы на месторождении продолжаются.

На Салтыковском месторождении разведочные работы проводились в два этапа: в 1930—1934 гг. — с целью поисков и разведки богатых железных руд и в 1948—1952 гг. — с целью разведки железистых кварцитов для обеспечения запасами проектирования рудника по добыче железистых кварцитов.

В результате работ, проведенных на Салтыковском месторождении, была получена довольно детальная минералогическая и петрографическая характеристика железистых кварцитов и руд, изучены породы, вмещающие полезное ископаемое, создана схема структуры участка, выяснены общие гидрогеологические условия месторождения и изучены технологические свойства железистых кварцитов в объеме, обеспечивающем выбор схемы их обогащения. Разведанные запасы сидерито-мартитовых руд и железистых кварцитов в 1953 г. были утверждены ВКЗ.

Наиболее слабо изученным из указанных выше трех месторождений является Стойленское. На этом месторождении в тридцатых годах было пробурено 18 вертикальных поисковых скважин, из которых 12 на глубине 100—160 м встретили богатые железные руды со средним содержанием железа, равным 55%. Мощность рудной залежи, по данным скважин, колеблется в пределах от 2 до 20 м. Условия залегания руд на Стойленском месторождении, по всей вероятности, будут аналогичными условиям залегания таких же руд на детально разведанном Лебединском месторождении, от которого оно находится всего в нескольких километрах на юго-восток. Запасы руд месторождения, еще далеко не оконтуренного, утверждены ТКЗ Мосгеолуправления. Кроме утвержденных запасов железных руд, отвечающих кондициям, выявлено также наличие 8,2 млн. т железных руд с содержанием железа 40—45% и кремнезема до 20%. Для полной оценки месторождения безусловно необходимо проведение дополнительного объема разведочных работ.

Севернее Стойленской рудной залежи в 1952 г. проводилась предварительная разведка железистых кварцитов с целью выяснения наличия их запасов в количестве, обеспечивающем проектирование рудника с годовой производительностью в 2,5—3,0 млн. т. Проведенные работы показали, что мощность пластов железистых кварцитов здесь невелика и детальную разведку с указанной выше целью проводить не имеет смысла.

Еще менее разведано Волоконовское месторождение, расположенное вблизи ст. Голофеевка, где было пробурено 10 скважин, часть из которых на глубине 77—165 м встретили руды, запасы которых ТКЗ при Мосгеолуправлении утверждены по категории C_2 (протокол № 14 от 21.III 1952 г.).

Весьма слабо разведано и Новооскольское месторождение, на котором было пробурено 15 скважин. Руды в этом районе были встречены пятью скважинами. Залегают они под породами карбона, в которых встречаются пласты угля мощностью до 0,46 м. На месторождении выявлено 7 водоносных горизонтов, из которых 4 напорных с пьезометрическим уровнем, на 210 м превышающим кровлю руд. Запасы руд утверждены ВКЗ по

категории C_2 (протокол № 5930 от 29.XII 1949 г.). Промышленная ценность этого месторождения, как и Волоконского, пока еще неясна.

Наиболее детально из всех месторождений железных руд района разведано Коробковское (Старооскольский район), на котором в тридцатых годах была сделана даже попытка начать их эксплуатацию. На этом месторождении разведочные работы были начаты в 1930 г. и продолжались до 1941 г. За это время был произведен большой объем геофизических, геологических и гидрогеологических работ, в результате которых были обнаружены и разведаны сидерито-мартитовые руды.

Во время Великой Отечественной войны шахты были затоплены, наземные сооружения разрушены, керн из всех скважин уничтожен, часть первичных геологических материалов потеряна, а большая часть сохранившихся сильно пострадала.

Работы, прерванные на месторождении во время войны, возобновились в 1946 г. КМАстроем Министерства черной металлургии, который по 1948 г. занимался восстановлением разрушенных сооружений и откачкой воды из шахты. В 1948 г., в связи с решением об использовании шахтного хозяйства для организации экспериментального рудника по добыче кварцитов, КМАстрой приступил к углублению стволов и пробурил несколько вертикальных скважин из горных выработок для изучения кварцитов на участке имеющихся шахт.

В 1948 г. к производству геологоразведочных работ на участке приступает Курская железорудная экспедиция треста «Курскгеология» Министерства геологии с целью разведки и обеспечения запасами железистых кварцитов экспериментального рудника им. И. М. Губкина, а затем еще двух рудников с годовой производительностью каждого в 2,5—3,0 млн. т.

В результате работ, проведенных на Коробковском месторождении в период с 1930 г. по 1953 г., было выполнено следующее:

а) разведаны залежи сидерито-мартитовых руд по категориям $B+C_1$, запасы которых утверждены ВКЗ по состоянию на 1.I 1937 г. (протокол № 823 от 25.IX 1937 г.); позже, в процессе разведки железистых кварцитов, а также во время проходки горных выработок были уточнены вопросы, связанные с условием залегания руд и несколько изменилось представление об их количестве, но пересчет запасов не производился;

б) разведаны запасы железистых кварцитов по категории $B+C_1$, бо́льшая часть которых уже утверждена ВКЗ (протоколы № 5876 от 30.XI 1949 г., № 6738 от 6.IV 1951 г. и № 7254 от 5.VIII 1952 г.);

в) получена довольно детальная минералогическая и петрографическая характеристика руд и кварцитов и высказаны взгляды на их генезис, создана схема структуры участка;

г) более или менее подробно изучены металлургические свойства сидерито-мартитовых руд и условия обогащения и агломерации железистых кварцитов;

д) довольно полно изучены осадочные породы, перекрывающие докембрий; получена детальная характеристика гранулометрического состава, пористости, влагоемкости и естественной влажности пород мелового и юрского возраста;

е) подробно изучена водоносность осадочных пород и рудной толщи и получены сведения о водоносности кварцитов.

Запасы руд на Лукьяновском, Лобоводворском и Роговском месторождениях, выявленные в процессе их предварительной разведки, настолько невелики, что в настоящее время вряд ли даже будет целесообразно ставить на них детальную разведку.

В районе юго-восточнее с. Панки в тридцатых годах были пробурены три вертикальные скважины, из которых одна встретила руду с содержанием железа 53,7% и кремнезема 3,64%. Мощность рудного тела по скважине составляла всего 5,3 м. Две другие скважины встретили мартитовый кварцит. При таких ограниченных данных, естественно, трудно делать какой-либо вывод о перспективах участка.

На Волотовской аномалии все шесть пробуренных в 1950 г. скважин встретили мартитизированные кварциты. При этом две скважины установили наличие над ними руд с содержанием железа 43,4% и кремнезема 4,9%. Мощность руд по одной скважине 1,12 м, по второй — 12 м. Условия залегания руд приближаются к условиям залегания руд на Новооскольском месторождении. В связи с тем, что содержание железа в рудах ниже 45%, запасы их не подсчитывались.

На Осколецком участке, приуроченном к западному крылу Огибнянской синклинали, усложненной складчатостью нескольких порядков, а также поперечными перегибами, с 1951 г. проводятся буровые работы с целью разведки железистых кварцитов для выявления их запасов в количестве, обеспечивающем проектирование рудника с годовой производительностью в 2,5—3,0 млн. т. Разведочные работы будут закончены в 1954 г. Богатые руды на этом участке не встречены.

Таблица 2

Компоненты	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Fe_{общ}$	55,6 / 60,2	50,44 / 56,25	54,38	55,2 / 59,8	51,1	49,7	47,5	50,87	54,95	51,41
FeO	15,3 / 5,8	19,9 / 11,65	19,52	22,0 / 10,5	19,5	13,9	12,1	7,86	5,61	5,08
SiO_2	6,5 / 6,8	6,26 / 7,45	4,46	4,45 / 4,07	8,0	8,9	15,4	12,17	10,29	12,56
S	0,24 / 0,15	0,58 / 0,48	0,67	0,17 / 0,09	0,6	0,43	0,18	0,72	0,39	0,33
P	0,09	0,09	0,078	0,05 / 0,07	0,07	0,06	0,13	0,038	0,032	0,037
Al_2O_3	3,7	2,76	1,76	2,52 / 3,06	—	5,7	9,1	2,94	1,1	2,6
CaO	1,06	2,05	2,91	0,73	—	4,19	—	—	3,73	4,32
MgO	0,44	0,57	0,65	0,45	—	0,21	—	—	—	—
MnO	0,27	0,19	0,19	0,20	—	0,17	—	—	—	—
Щелочи	0,57	0,65	0,38	1,20	—	0,11	—	—	—	—
As	0,005	0,017	0,02	Нет	—	—	—	—	—	—
CO_2	5,16	7,88	—	7,89	—	2,94	—	—	—	—
$H_2O_{кр}$	1,68	2,00	—	1,81	—	—	—	—	—	—
TiO_2	0,16	0,02	0,14	0,049	—	0,1	—	—	—	—
П. п. п.	6,46	9,51	12,39	9,74	—	—	—	—	—	—

* 1 — Лебединское, 2 — Коробковское, 3 — Салтыковское, 4 — Стойленское, 5 — Волоконовское, 6 — Новооскольское, 7 — Лукьяновское, 8 — Лобоводворское и Роговское, 9 — Жигаевское, 10 — Михайловское. Для месторождений Лебединского, Коробковского и Стойленского приведены раздельно содержания в рыхлых и плотных рудах, при этом в числителе указаны данные для плотных руд, а в знаменателе — для рыхлых.

Наиболее детально качество железных руд было изучено на месторождениях восточной полосы магнитных аномалий. В табл. 2, составленной по материалам геологов треста «Курскгеология», приводятся данные о среднем химическом составе руд всех перечисленных выше месторождений (в %).

Как видно из данных табл. 2, руды всех участков Курской магнитной аномалии по содержанию железа пригодны для доменной плавки без предварительного обогащения. Среднее содержание кремнезема в рудах Старооскольской группы месторождений, а также в рудах Новооскольского и Волоконского месторождений в общем невысокое и изменяется в пределах от 4,07 до 8,9%, в более северных месторождениях содержание его несколько выше.

Содержание серы в рудах превышает норму. По среднему содержанию фосфора они непригодны для получения бессемеровских, высококачественных и отдельных классов литейных малофосфористых чугунов.

В связи с тем, что значительная часть руд представлена рыхлыми разностями, необходима их агломерация. При агломерации достигается почти полное удаление серы. Опыты по агломерации руд спеканием показали, что получаемые агломераты обладают высокой механической прочностью.

Объемный вес Лебединских руд 3,29 (3,47 для плотных разностей и 3,18 для рыхлых), пористость около 20%, влажность воздушносухих проб 0,40%.

Необходимо отметить, что металлургические свойства богатых железных руд изучены еще недостаточно полно.

Качество железистых кварцитов наиболее полно изучено при их разведке на Коробковском и Салтыковском участках КМА.

Содержание железа в железистых кварцитах на этих участках колеблется в широких пределах, от 3 до 5% — в практически совершенно безрудных кварцитах, до 45—50% — в мартитизированных.

Среднее содержание железа в железистых кварцитах, в контурах подсчета запасов, равно 34,03—34,63%, при этом содержание железа, связанного с рудными минералами — магнетитом, гематитом, мартитом, сидеритом и пиритом, равно 32,29—33,25% и только 1,33—1,74% связано с различными силикатами и в первую очередь с амфиболами и слюдами.

Из железосодержащих рудных минералов господствующим минералом ниже зоны мартитизации является магнетит. Его количество, как правило, всегда больше, чем сумма остальных рудных минералов и только в зоне мартитизации он уступает по своему количеству мартиту и сидериту. В среднем на долю магнетита в железистых кварцитах ниже зоны мартитизации приходится 85—90% от количества рудных минералов, а на долю гематита — 10—15%.

Статистический подсчет распределения балансовых запасов железистых кварцитов по сортам, если за таковые принимать рекомендованные Техническим управлением Министерства черной металлургии, дает цифры, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Наименование месторождений	Процент к общему количеству запасов железистых кварцитов с содержанием железа			
	Менее 25	25—35	35—45	Более 45
Салтыковское	1,1	87,7	11,1	0,1
Северо-Коробковское . . .	5,1	63,6	31,2	0,1
Южно-Коробковское . . .	3,8	56,7	39,0	0,5

Необходимо также отметить, что в группе кварцитов с содержанием железа от 25 до 45% резко преобладают кварциты с содержанием железа от 30 до 40%.

Минералогические типы железистых кварцитов по содержанию железа отличаются один от другого, но незначительно. Наиболее низкое содержание железа в кварцитах, не содержащих железной слюдки и щелочных амфиболов. Оно выше в железистых кварцитах, содержащих либо железную слюдку, либо щелочные амфиболы, и наиболее высокое в кварцитах, содержащих и железную слюдку и щелочные амфиболы.

Учитывая, что кварциты, содержащие железную слюдку, тяготеют к центру толщи железистых кварцитов, мы склонны считать, что повышение содержания железа в горизонтах, слагающих центр пласта, объясняется общим повышением содержания железа от периферии к центру уже в первичном осадке.

Несколько повышенное содержание железа в кварцитах со щелочным амфиболом, по сравнению с его содержанием в кварцитах без щелочных амфиболов, может быть объяснено некоторым перемещением железа, связанным со щелочным метасоматозом.

Повышенное содержание железа в мартитизированных разностях кварцитов совершенно закономерно и объяснения не требует.

Силикатного железа в железистых кварцитах, как это уже указывалось выше, сравнительно немного. Наибольшее количество его в магнетитовых кварцитах, содержащих куммингтонит и актинолит и характеризующихся вообще более высоким содержанием силикатов, но и в этом минералогическом типе железистых кварцитов среднее его содержание не превышает 2,5%.

Из шлакообразующих окислов в разведанных железистых кварцитах присутствуют в очень большом количестве кремнезем, в незначительном — окиси магния, кальция, глинозем, щелочи и в ничтожном количестве титановый ангидрид.

Из вредных примесей в железистых кварцитах установлено наличие серы, фосфора и цинка, содержание последнего не превышает 0,05%. Из других примесей в них встречается марганец и при спектральных анализах обнаружены следы никеля, хрома, меди, ванадия, циркония и галия.

В табл. 4 приводятся величины средних содержаний основных компонентов в железистых кварцитах наиболее разведанных месторождений.

Таблица 4

Компоненты	Месторождения		
	Салтыковское	Северо-Коробковское	Южно-Коробковское
	(содержание в %)		
Железо общее	34,03	34,39	34,63
Железо рудное	32,29	32,76	33,25
Железо силикатное	1,74	1,63	1,38
Закись железа	12,39	14,14	13,59
Окись железа	34,92	33,36	34,35
Кремнезем	42,37	42,90	41,59
Глинозем	1,19	1,34	1,65
Сера	0,16	0,10	0,13
Фосфор	0,08	0,07	0,09
Окись магния	1,96	2,60	2,09
Окись кальция	2,19	2,45	1,82
Марганец	0,06	0,03	0,05
Титановый ангидрид	0,18	0,09	0,07
Щелочи	1,15	1,03	0,27
П. п. п.	1,67	2,12	3,67

Данные табл. 4 свидетельствуют об идентичности разведанных железистых кварцитов всех трех месторождений. Колебания содержания основных компонентов, по существу, не выходят за пределы точности химических анализов и подсчета содержаний. Таков же в общих чертах химический состав разведуемых железистых кварцитов Лебединского и Осколецкого месторождений.

Химические анализы небольшого количества проб, отобранных по керну поисковых скважин, пробуренных на Волотовской аномалии, Волоконовском месторождении, между Оскольцом и Тимом и в районе Огибное и Ястребовке, показывают, что встреченные в этих районах железистые кварциты аналогичны железистым кварцитам Салтыковского и Коробковского месторождений.

В табл. 5 приведены данные о химическом составе железистых кварцитов в районе Новооскольского и Стойленского месторождений богатых руд и в районе Яцыно. Как видно из данных этой таблицы, содержание железа во встреченных там кварцитах более высокое, но не исключена возможность, что это обстоятельство вызвано случайными факторами, так как количество отобранных проб было невелико и среди них бо́льшая часть характеризует лишь зону мартитизации.

Таблица 5

Компоненты	Район взятия проб		
	Новый Оскол	Стойло	Яцыно
	(содержание в %)		
$Fe_{общ}$	38,53	39,6	37,67
FeO	7,47	14,0	4,72
SiO_2	31,41	37,8	39,73
Al_2O_3	1,73	—	0,61
CaO	—	—	1,20
S	0,41	0,13	0,17
P	0,056	0,07	0,042

Низкое содержание железа в разведанных кварцитах не позволит в ближайшее время использовать их как руду без предварительного обогащения. В процессе обогащения наиболее легко будет извлечь в концентрат железо, связанное с магнетитом, труднее — связанное с гематитом (железной слюдкой) и, вероятно, совершенно не будет извлечено железо, связанное с силикатами.

Результаты статистического подсчета распределения разведанных запасов железистых кварцитов по основным технологическим типам приводятся в табл. 6.

Детальное изучение возможности обогащения железистых кварцитов производилось по пробам, отобранным из горных выработок на Коробковском участке Курской магнитной аномалии. Для получения сравнительных данных в 1952 г. было произведено исследование на обогатимость Салтыковских кварцитов (по керновым пробам). Материалы, полученные в результате проведенных испытаний, показали, что для железистых кварцитов, содержащих незначительное количество железной слюдки (менее 10%), возможно ограничиться электромагнитной сепарацией, так как при этом извлечение железа в концентрат составляет 82—86%, при содержании железа в концентрате 60—65%.

Таблица 6

Типы железистых кварцитов	Месторождения		
	Салтыковское	Северо-Коробковское	Южно-Коробковское
	Процент к общим запасам		
Магнетитовые кварциты с содержанием железной слюдки менее 10% от общего количества рудных минералов	46,3	56,6	53,8
Магнетитовые кварциты с содержанием железной слюдки более 10% при среднем, равном 20%	45,7	35,5	39,3
Мартитизированные	8,0	7,9	6,9

При обогащении железистых кварцитов с более значительным количеством железной слюдки извлечение железа в концентрат более низкое. В связи с этим работниками Механобра рекомендуется хвосты электромагнитной сепарации обогащать флотацией. Это позволит довести суммарное извлечение железа до 86—90% при содержании железа в концентрате 60—62%. Выход концентрата из железистых кварцитов около 40%. Данные о химическом составе концентратов приведены в табл. 7 (по материалам Механобра).

Таблица 7

Компоненты	Месторождения	
	Коробковское	Салтыковское
	(содержание в %)	
Железо	60,52—65,14	61,52—62,91
Закись железа	20,80—25,75	21,70—24,46
Кремнезем	9,10—12,96	10,60—15,36
Титановый ангидрид	0,04— 0,13	0,03
Глинозем	1,30— 2,15	0,99— 2,21
Окись кальция	0,38— 0,57	0,40— 0,75
Окись магния	0,87— 1,19	0,47— 0,87
Марганец	0,04— 0,05	0,07— 0,10
Фосфор	0,05— 0,07	0,05— 0,06
Сера	0,03— 0,07	0,18— 0,29

Опыты по агломерации показали, что агломерация концентратов не представляет каких-либо технических затруднений, а качество получаемых агломератов вполне удовлетворительное.

Результаты опытных работ в настоящее время подтверждены на действующей уже обогатительной и агломерационной фабрике, качественные показатели работы которой удовлетворительны.

Подведя итоги геологической изученности КМА, мы должны, к сожалению, отметить, что до настоящего времени остается очень много неразрешенных вопросов, которые могут быть успешно разрешены только при

значительном увеличении объема и темпа поискового и структурного бурения, увеличения темпа и объема геофизических работ и повышения их качества, а также при условии более широкого привлечения для их решения геологов, горняков, гидрогеологов и металлургов не только производственных организаций, занятых разведкой и освоением месторождений КМА, но и научно-исследовательских институтов и в первую очередь Академии наук СССР, как это предусмотрено постановлением Правительства от 19.I 1951 г., к выполнению которого вплотную Академия наук, по нашему мнению, до настоящего времени еще не приступила.

Дальнейшие работы по разведке, изучению и освоению железистых кварцитов, богатых железных руд и других полезных ископаемых, имеющихся на территории Курской магнитной аномалии, должны проводиться в следующем направлении.

1. Продолжение поисковых работ с целью выявления новых участков крупных скоплений богатых остаточных железных руд и других полезных ископаемых и разведочных работ с целью наращивания запасов железистых кварцитов и богатых железных руд и выявления запасов тех полезных ископаемых, которые будут обнаружены в процессе производства поисковых работ.

2. Дальнейшее изучение стратиграфии и структуры докембрия, а также генезиса железистых кварцитов и руд, что позволит решить вопрос о возможности нахождения на КМА богатых железных руд, залегающих в более благоприятных горно-геологических условиях, и даст возможность разработать методику их поисков.

3. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений богатых руд с целью выбора наиболее эффективного метода их разработки в сложных гидрогеологических условиях и изыскания методов борьбы с водой при эксплуатации этих руд.

4. Разработка более эффективных методов эксплуатации железистых кварцитов, обеспечивающих более полную отработку их на разведанной площади.

5. Дальнейшее изучение вопросов подготовки к доменной плавке богатых руд и железистых кварцитов и, в частности, для последних — разработка способов их переработки без обогащения.

Для решения первых двух задач мы считаем, что наряду с продолжением ведущихся разведочных работ необходимо:

а) резкое увеличение объема и темпа геофизических работ и повышение качества этих работ и в первую очередь увеличение темпа и объема гравиметрических, сейсмических и электроразведочных работ на площадях, где наблюдается уменьшение или даже полное затухание магнитных аномалий по осевой линии и на площадках между полосами магнитных аномалий;

б) резкое увеличение объема буровых работ с целью изучения стратиграфии и общей тектонической структуры района Курской магнитной аномалии, в первую очередь в наиболее изученном Старооскольском районе;

в) возобновление изучения забытых месторождений богатых руд и в первую очередь Стойленского, Новооскольского и Волоконовского;

г) самое активное участие как в проектировании поисково-разведочных и геофизических работ, так и в своевременном изучении и обобщении материалов, получаемых в результате проведения поисково-разведочных работ сотрудниками Академии наук СССР.

М. И. КАЛГАНОВ

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ БАССЕЙН КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ВВЕДЕНИЕ

Железистые кварциты довольно широко распространены в земной коре и встречаются во всех частях земного шара. Запасы этих железистых кварцитов учтены еще далеко не полностью, но и в настоящее время они уже исчисляются астрономической цифрой, превышающей 10 000 млрд. т. Богатые железные руды, генетически связанные с кварцитами и являющиеся по существу их корой выветривания, также дают весьма внушительную цифру запасов. Среди всех других генетических типов богатых железных руд (магнитных, красных и бурых железняков) земного шара они, по высокому содержанию в них железа и по запасам, занимают, пожалуй, первое место.

Железистые кварциты являются осадочно-метаморфическими образованиями и имеют архейский и протерозойский возраст. Среди более поздних палеозойских и мезозойских осадочных образований железистые кварциты на земном шаре пока не обнаружены.

Эти кварциты в настоящее время обнаружены в Австралии, Индии, Китае, Корее, СССР, Европе, Южной Африке (Трансвааль, Родезия), в Северной Америке (районы Верхнего озера, Кордильер и Аппалачских гор), в Канаде (полуостров Лабрадор) и в Южной Америке (Гвиана и Бразилия).

На территории СССР железистые кварциты известны на Дальнем Востоке, в Уссурийском крае (западный склон хребта Сихотэ-Алинь), в пределах хребта Малый Хинган, на Алдане, в Восточных и Западных Саянах, Тувинской автономной области, Казахстане, на Южном и Северном Урале, в Калининской области, Белоруссии, Прибалтике, на Карельском перешейке, Кольском полуострове, на обширной территории бассейна КМА и в пределах Криворожско-Кременчугского железорудного бассейна.

В своей монографической работе по железным рудам [25] академик Н. М. Страхов пишет: «Можно сказать, что нет ни одной сколько-нибудь значительной площади докембрия, особенно альгонка, где при подробных исследованиях не было бы обнаружено железных руд, и часто в крупных масштабах». Эта мысль была высказана им еще в 1940 г. и в последующие годы правильность этого прогноза все время подтверждалась фактическими данными. В СССР в годы Великой Отечественной войны и в послевоенный период были обнаружены железистые кварциты и другие типы докембрийских железных руд в южных районах Якутии, в Тувинской автономной области, Саянском и Салаирском хребтах, на Северном Урале и в пределах Криворожско-Кременчугского бассейна.

Из краткого перечня стран земного шара и районов СССР, в которых обнаружены докембрийские железные руды, и приведенной огромной цифры (более 10 000 млрд. т) запасов этих руд видно, что в докембрийскую эпоху в земной коре, в процессе осадконакопления, была сосредоточена колоссальная масса железа. На это обстоятельство в своей работе [25] указывает Н. М. Страхов. Он там же для сравнения подчеркивает, что запасы всех изученных «послеальгонских» (палеозойских и мезо-кайнозойских) железорудных бассейнов земного шара исчисляются всего в 135 млрд. т.

Работами дрейфующих советских полярных станций («Северный полюс-3» и «Северный полюс-4») в самое последнее время в пределах подводного хребта им. Ломоносова были обнаружены магнитные аномалии. Подобные магнитные аномалии известны также в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. Многие из этих аномалий занимают довольно большие площади и обусловлены, повидимому, залежами докембрийских железистых кварцитов, так как залежи других генетических типов железных руд, дающих также магнитные аномалии, не могут обусловить (ввиду небольших их размеров), наличие больших (по площади) аномальных полей. Поэтому учтенные и упомянутые выше астрономические цифры (более 10 000 млрд. т) запасов докембрийских железных руд могут быть при дальнейших исследованиях значительно увеличены.

Среди выявленных различных типов докембрийских железных руд преобладающее значение имеют железистые кварциты. На территории СССР железистые кварциты обнаружены во многих районах, тогда как другие типы докембрийских железных руд обнаружены за последнее время лишь в двух пунктах: в Южной Якутии и Пятихатском районе Днепропетровской области.

В Южной Якутии обнаружены и в настоящее время разведываются несколько месторождений (Сивагли, Таежное, Комсомольское и др.) докембрийских железных руд. Эти руды располагаются в виде пластообразных залежей среди докембрийских кристаллических сланцев. Представлены они магнетитовыми и реже гематитовыми и роговообманково-магнетитовыми разностями. По поводу генезиса этих руд существуют две точки зрения: Д. П. Сердюченко считает эти руды осадочно-метаморфическими образованиями, а академик Д. С. Коржинский и Л. И. Шабынин приписывают им контактово-метасоматический генезис.

Не вступая в дискуссию о генезисе этих руд, мы хотим лишь отметить, что по своей текстуре и более высокому содержанию железа (от 40 до 65%) эти руды резко отличаются от железистых кварцитов.

Правобережной Экспедицией украинского геологического управления в последние годы на правом берегу Днепра, около с. Николаевского, обнаружены магнетитовые гнейсы, которые представляют собой по существу вкрапленные магнетитовые руды. Такие руды на территории СССР были обнаружены впервые, а в других районах они пока не известны.

Текстура этих вкрапленных руд полосчатая (фиг. 13, 14, 15 и 17) и равномерно-зернистая (фиг. 16, 18 и 19). Во всех текстурных разновидностях этих руд магнетит распределен равномерно и рассеян в виде изометрических и удлиненных зерен по всей руде. Микроскопические исследования показали, что в состав этих руд входят магнетит, кварц, пироксен, роговая обманка, полевой шпат, серицит, карбонат и хлорит. Главной составной частью этих руд все же являются магнетит и кварц. Содержание железа в рудах достигает 40—43%. Руды эти легко обогащаются и дают высокосортный концентрат.

Эти руды, так же как и руды Южной Якутии, отличаются от железистых кварцитов по своей текстуре и отчасти по содержанию железа.

Площади распространения этих двух типов докембрийских железных руд невелики и значительно уступают площадям распространения железистых кварцитов. Железистые кварциты пользуются широким распространением на территории СССР, они на всех месторождениях обладают многими аналогичными свойствами (текстурой, минералогическим и химическим составом и др.). Все они имеют полосчатое (слоистое) сложение, которое обусловлено чередованием кварцевых и магнетито-гематитовых прослойков, слагающих кварциты. Почти все железистые кварциты состоят главным образом из кварца и магнетита (реже из кварца и железного блеска), другие же минералы (силикаты и карбонаты) имеют подчиненное значение в составе этих кварцитов. Среднее содержание железа в кварцитах всех месторождений невелико и колеблется, как правило, от 30 до 35%. На всех месторождениях СССР и за рубежом железистые кварциты залегают среди осадочно-метаморфических кристаллических сланцев.

Особенно сходны между собой железистые кварциты различных месторождений бывают по своей текстуре. Приводимые в настоящей работе фотографии, отображающие текстуру железистых кварцитов различных месторождений, весьма хорошо и наглядно иллюстрируют это положение. Так, например, по текстуре железистые кварциты Кривого Рога (фиг. 2—6) весьма сходны с кварцитами Попельнастовского месторождения (фиг. 7—12), располагающегося между Кременчугом и Кривым Рогом, с кварцитами Кременчуга (фиг. 20—25), Тувинской автономной области (фиг. 26—29), Казахстана (фиг. 30—33) и КМА (фиг. 37—82). Несколько отличаются по своей текстуре железистые кварциты указанных выше месторождений от железистых кварцитов месторождения Тараташ (Южный Урал). В этих кварцитах не наблюдается ярко выраженной полосчатости, обусловленной чередованием магнетито-гематитовых и кварцевых прослойков. Среди этих кварцитов (фиг. 34—36) наблюдается лишь очень тонкая и весьма не выдержанная (прерывистая) полосчатость, обусловленная чередованием магнетитовых и силикатных прослойков.

В минералогическом составе железистых кварцитов перечисленных выше месторождений также наблюдается много общего. Эти кварциты состоят главным образом из магнетита, кварца и железного блеска. Кроме того, в них присутствуют роговая обманка, биотит, хлориты, карбонаты, серицит, эгирин, сульфиды (пирит, пирротин) и др. Однако при значительном общем сходстве по текстуре и минералогическому составу железистых кварцитов наблюдаются и некоторые различия среди этих кварцитов, располагающихся в различных районах СССР.

Так, например, железистые кварциты Тувинской автономной области обладают крупнополосчатым строением (фиг. 26—29) [1]. Кварциты Казахстана (фиг. 30—33) не имеют ярко выраженного слоистого сложения и в их минералогическом составе главная роль принадлежит мелкочешуйчатому железному блеску. Железный блеск является также основным рудным минералом и для железистых кварцитов Попельнастовского месторождения (фиг. 7—12) и Яковлевского рудного участка КМА (фиг. 113).

Указанные различия в текстуре и в минералогическом составе железистых кварцитов отдельных месторождений обусловлены, во-первых, процессами накопления первичного рудного осадка, имевшего различный вещественный состав и различную первичную текстуру, и, во-вторых, метаморфическими и метасоматическими процессами, которым позднее под-

[1] Сведения о железистых кварцитах Тувинской автономной области и фотографии этих кварцитов представлены нам Г. Д. Курочкиным.

вергались эти первичные рудные осадки и которые в конечном счете преобразовали эти осадки в железистые кварциты и придали этим кварцитам современный текстурно-минералогический облик.

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КВАРЦИТЫ КМА

1. Общие сведения

Район курских магнитных аномалий (КМА) является одним из крупнейших железорудных бассейнов мира и представляет собой самый крупный бассейн на территории СССР. Значение этого бассейна в деле развития черной металлургии, являющейся основой дальнейшего технического прогресса и обороноспособности нашей страны, в ближайшие годы должна резко возрасти. В директивах XIX съезда КПСС по пятому пятилетнему плану указывается на дальнейшее развитие черной металлургии в СССР, в том числе и на развитие металлургии в центральных районах страны. Развитие черной металлургии в районах Центра должно в дальнейшем базироваться на железных рудах месторождений Курской магнитной аномалии.

Изучение и освоение этого железорудного бассейна в настоящее время проводится Министерством геологии и охраны недр, Министерством черной металлургии и Академией наук СССР.

На одном из рудных участков Курской магнитной аномалии (Коробковском) комбинат «КМАРУДА» Министерства черной металлургии уже производит эксплуатацию железистых кварцитов. В настоящее время на руднике им. И. М. Губкина уже функционирует обогатительная фабрика, которая получает из железистых кварцитов рудный концентрат и выпускает офлюсованный высококачественный агломерат, который плавится на Ново-Тульском металлургическом заводе. В ближайшие годы, согласно решению Правительства, на КМА должны вступить в строй еще несколько мощных рудников и обогатительных фабрик, и добыча железистых кварцитов будет производиться в более широких масштабах. Намечается также организация рудников и по добыче богатых железных руд на КМА.

Следует отметить, что пока сделаны лишь первые шаги в деле промышленного освоения огромных запасов железистых кварцитов, представляющих собой бедные железные руды. Но в то же время задачу практического использования железистых кварцитов этого бассейна в черной металлургии можно считать в основном уже решенной.

На Курской магнитной аномалии весьма благоприятно сочетаются различные природные и экономические факторы, которые способствуют быстрому промышленному развитию этого района.

Основными из этих факторов являются следующие.

1. Наличие колоссальных запасов железных руд (железистых кварцитов и богатых железных руд), могущих обеспечить строительство на месте нескольких крупнейших металлургических заводов.

2. Близость больших запасов донецких коксующихся углей, позволяющая развить в этом районе металлургическое и коксохимическое производство в широких масштабах.

3. Удобное географическое размещение огромных запасов железных руд КМА, расположенных на небольшом расстоянии от действующих металлургических предприятий Юга и Центра, дающее возможность выгодной транспортировки на эти предприятия железорудного сырья (агломерат и богатые руды КМА) в большом количестве.

4. Густая населенность обширной территории КМА, позволяющая удовлетворить большую потребность действующих и строящихся предприятий местной рабочей силой, и хорошо развитое сельское хозяйство этого района, могущее обеспечить рабочих промышленных предприятий продовольствием.

Перечисленные факторы в совокупности создают предпосылки для того, чтобы район Курской магнитной аномалии в недалеком будущем стал крупнейшим индустриальным центром нашей страны. Дальнейшая основная задача должна заключаться в разрешении общей проблемы большого бассейна КМА, т. е. в максимальном расширении добычи железистых кварцитов и богатых железных руд, в строительстве на месте мощных металлургических предприятий и в комплексном изучении и освоении всех минеральных богатств, располагающихся на обширной территории центральной части русской платформы, в пределах которой проявляются магнитные аномалии, обусловленные широким развитием железистых кварцитов среди докембрийских пород.

Аэромагнитной съемкой, проведенной Министерством геологии и охраны недр СССР, установлена большая полоса магнитных аномалий, протягивающаяся (с перерывами) в северо-западном направлении более чем на 600 км (от Смоленска до широты Харькова) и имеющая ширину от 80 до 200 км. По некоторым геофизическим данным можно предполагать, что эта полоса курских магнитных аномалий соединяется на юге через Роменскую и другие аномалии Полтавской области с магнитными аномалиями Кривого Рога и Кременчуга (фиг. 1 к статье М. И. Калганова и фиг. 1 к статье Б. П. Епифанова), а на севере, возможно, с аномалиями Белорусской ССР.

На всей обширной территории КМА железистые кварциты, являющиеся основным полезным ископаемым района, скрыты под плащом мезозойских и палеозойских осадочных пород. Среди этих пород, судя по предварительным разведочным и общим геологическим данным, можно ожидать наличие бокситов, осадочных железных руд, фосфоритов, каменных углей, газов, огнеупорных, керамических, отбеливающих и кирпично-черепичных глин, формовочных и стекольных песков, мела, известняков, доломитов (для флюсов и извести), мергелей (для цемента), различных строительных материалов (песка, гравия, песчаника для стенового и бутового камня), минеральных красок и других видов полезных ископаемых. В породах докембрия, обогащенных турмалином, может быть обнаружено промышленное скопление бора. Выявление и изучение этих видов сырья должно вестись попутно с разведкой кварцитов и богатых железных руд. В связи с этим совершенно по-новому должна рассматриваться проблема так называемого Большого бассейна КМА.

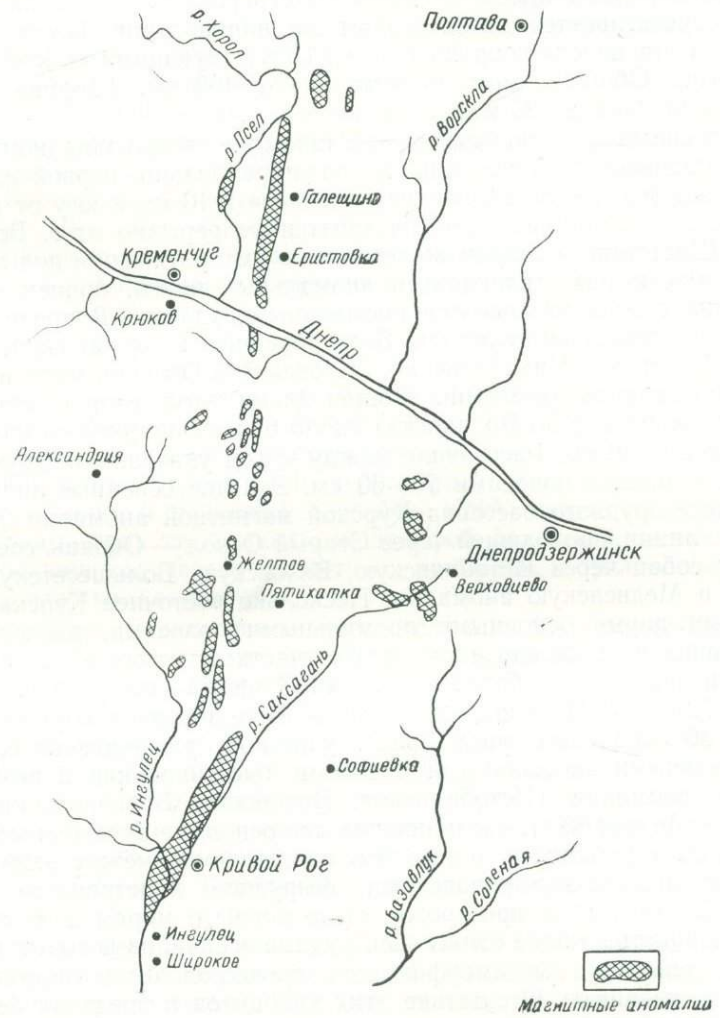
Для решения этой проблемы необходима постановка в более широких масштабах геофизических, геологических, гидрогеологических, горно-технических, технологических, экономических и других исследований.

2. Распространение, условия залегания и форма залежей железистых кварцитов

В пределах железорудного бассейна КМА железистые кварциты широко распространены. Они хорошо фиксируются на поверхности при аэромагнитной и наземной магнитометрических съемках в виде аномальных магнитных полей. Эти магнитные аномалии на КМА проверены на больших площадях буровыми работами, при помощи которых достаточно точно установлено, что почти все указанные аномалии вызываются зале-

жами железистых кварцитов, которые содержат в своем составе значительное количество магнитного железняка (магнетита).

Протяженность и мощность залежей железистых кварцитов хорошо фиксируются магнитометрической съемкой. Поэтому на территории КМА в настоящее время геологи почти безошибочно делают заключение



Фиг. 1. Схематическая карта магнитных аномалий Криворожского железорудного бассейна. Составил М. Н. Доброхотов

о распространенности и размерах залежей железистых кварцитов по распространенности и размерам магнитных аномалий.

На схематической карте Воронежской антеклизы (см. статью Б. П. Епифанова, фиг. 1) явно намечаются две аномальные полосы, обусловленные залежами железистых кварцитов, которые располагаются под чехлом палеозойских и мезо-кайнозойских осадочных образований и залегают среди метаморфических кристаллических пород докембрия (протерозоя). Одна из таких полос прослеживается с северо-запада на юго-восток от Орла до ст. Валуек.

На интервале от ст. Валуек до г. Щигры эта аномальная полоса тянется почти непрерывно, а от Щигров до Орла она прослеживается с некоторыми перерывами. На карте геофизической изученности бассейна КМА, приложенной к статье Н. Г. Шмидта, где более точно нанесены все 70 аномалий и аномальных узлов бассейна, указанная полоса от Валуек до Нового Оскола также имеет перерывы. Эта полоса после некоторого перерыва прослеживается на северо-запад от Орла до Знаменска и протягивается далее в этом же направлении. Почти на всем протяжении эта полоса сопровождается сопутствующими обособленными аномалиями. Общая длина полосы около 400 км. Ширина полосы колеблется от 1—2 до 25 км.

Другая аномальная полоса почти в таком же северо-западном направлении протягивается более или менее параллельно первой полосе от г. Волчанска (ее южное окончание находится в 10 км к югу от него) до Барятино. Эта аномальная полоса тянется непрерывно от г. Волчанска почти до Шабыкина и сопровождается на всем протяжении целым рядом обособленных и разветвляющихся аномальных полей, причем эти разветвляющиеся поля называются аномальными узлами. В пределах этой аномальной полосы выделяются Белгородский, Тетеревинский, Прохоровский, Реутецкий, Михайловский, Льговский и Осоцкий узлы и отдельные (обособленные) аномалии. Общая длина этой второй аномальной полосы (от Барятино до Волчанска) около 600 км, ширина ее колеблется от 2—5 до 30—40 км. Расстояние между этими указанными двумя большими аномальными полосами 50—60 км. Эти две основные аномальные полосы железорудного бассейна Курской магнитной аномалии примерно на широте линии, проходящей через Старый Оскол — Обоянь, соединяются между собой через Истобнянскую, Вязовскую, Большесетскую, Пристенскую и Медвенскую аномалии. Несколько восточнее Курска, между описанными двумя основными аномальными полосами, располагаются 30 небольших по площади аномальных участков, которые объединяются Н. Г. Шмидтом в пять более укрупненных аномальных полей, носящих название Плоской, Полевой, Карасевской, Бесединской и Шумной аномалий. Эти 30 небольших аномальных участков, расположенных между двумя основными аномальными полосами бассейна, как и выше перечисленные аномалии (Истобнянская, Вязовская, Большесетская, Пристенская и Медвенская), соединяющие две основные аномальные полосы бассейна, свидетельствуют о том, что наблюдаемое между этими двумя основными аномальными полосами безрудное пространство (полоса шириной 50—60 км) в протерозое было покрыто морем и на площади этого пространства также отлагались рудные осадки, из которых впоследствии под действием метаморфических процессов были сформированы железистые кварциты. Отсутствие этих кварцитов в пределах безрудной межаномальной полосы следует, повидимому, объяснить тем, что железистые кварциты на этой площади были уничтожены (размыты) эрозионными процессами, которые в пределах КМА действовали, начиная от верхнего протерозоя до среднего девона. Во время этих эрозионных процессов в пределах этой межаномальной полосы железистые кварциты могли сохраниться лишь на отдельных участках в синклинальных зонах (в пределах только что упомянутых аномалий). Но отсутствие этих кварцитов на поверхности в пределах указанной полосы может быть объяснено также и более глубоким их залеганием под толщей докембрийских метаморфических пород, куда они могли быть погружены в период интенсивных складчатых (горообразовательных) процессов, происходивших в докембрийскую эпоху. Но это предположение является пока менее вероятным.

При описании площади распространения железистых кварцитов в пределах КМА необходимо остановиться и на оконтуривании этого железорудного бассейна, так как в литературе до сих пор этот вопрос не затрагивался и поэтому до настоящего времени остается невыясненным, что понимать под этим бассейном, какую территорию он занимает и каковы его границы. Проведенные за последние годы геофизические исследования и буровые работы позволяют более точно оконтурить этот бассейн. В результате этих работ выяснилось, что границами железорудного бассейна КМА в настоящее время следует считать: на юге — широтную линию, проходящую через Харьков; на севере — такую же широтную линию, проходящую через Барятино (Калужская область); на востоке — линию, проходящую через селения Шаталовку и Висловку (расположенных восточнее Старого Оскола) и Орел; с запада — линию, проходящую через селения Борисовку (Белгородская область), Крупец (Курская область) и Жуковку (Брянская область).

Протяженность этого железорудного бассейна в северо-западном направлении (от Харькова до Барятино) около 600 км, ширина бассейна (от Старого Оскола до Борисовки в южной половине и от Малоархангельска до с. Крупец в северной половине бассейна) около 200 км, площадь его около 120 тыс. км^2.

Однако следует отметить, что бассейн Курской магнитной аномалии в указанных нами выше границах является лишь небольшой составной частью огромного железорудного бассейна, который располагается в западной части Европейской территории СССР. Поэтому границы (а следовательно, и размеры) бассейна КМА являются условными и оконтуривают лишь ту площадь, на которой более компактно располагается большое количество магнитных аномалий, обусловленных залежами железистых кварцитов.

Истинные же границы всего этого огромного докембрийского железорудного бассейна располагаются на значительном расстоянии от указанных выше границ бассейна КМА к югу, западу, северо-западу и к северу. Бассейн КМА, оконтуренный пока условно, как отмечалось выше, соединяется на юго-запад через ряд промежуточных аномалий (Роменскую, Миргородскую, Рамоданскую и др.) с Криворожско-Кременчугским бассейном; на северо-западе он, также через Смоленскую и другие аномалии, соединяется с аномальными полями Белоруссии, которые, повидимому, в свою очередь соединяются с аномалиями Прибалтики, Калининской области, Карельского перешейка и, возможно, Кольского полуострова.

Железистые кварциты, обнаруженные во всех перечисленных районах, залегают в аналогичных условиях среди докембрийских кристаллических (осадочно-метаморфических) сланцев, весьма сходных между собой по литологическому составу и стратиграфическому положению. Кроме того, эти кварциты имеют во всех районах аналогичную текстуру и структуру и более или менее одинаковый минералогический и химический состав, что дает основание считать железистые кварциты всех указанных районов одновозрастными образованиями. Для таких районов, как Кривой Рог, Кременчуг, КМА и Карельский перешеек, определялся пока (П. П. Пятницким, А. Д. Архангельским, В. И. Лучицким, Н. П. Семененко, Я. Н. Белевцевым, М. Н. Доброхотовым, А. Н. Ивановым и др.) протерозойский возраст железистых кварцитов и вмещающих их кристаллических сланцев. К этому же возрасту, повидимому, следует отнести и железистые кварциты других районов (Прибалтики и Белоруссии), входящих в состав указанного обширного железорудного бассейна. Кроме того, на территории Кольского полуострова среди архейских пород залегают также желе-

зистые кварциты, которые в отдельных пунктах (Кировогорское и Оленегорское месторождения) уже детально разведаны и ведутся подготовительные работы к их промышленной эксплуатации.

В самое последнее время производились исследования по определению абсолютного возраста железистых кварцитов Криворожского железорудного бассейна. В результате этих исследований были получены данные, позволяющие относить железистые кварциты Кривого Рога по возрасту к архейским образованиям. Если архейский возраст криворожских железистых кварцитов будет бесспорно доказан, то тогда к архейским образованиям следует относить и железистые кварциты бассейна КМА, так как они, несомненно, являются одновозрастными с кварцитами Кривого Рога.

Таким образом, теперь мы можем с более или менее достаточным основанием говорить о большом докембрийском железорудном бассейне, который располагается на территории СССР в пределах западной части Русской платформы. В этом обширном бассейне происходило накопление железорудных осадков, из которых впоследствии, в результате метаморфических и метасоматических процессов, были сформированы железистые кварциты и магнетитовые гнейсы (южнее Кременчуга). Накопление этих железистых осадков происходило, повидимому, в отдельных участках древних водных бассейнов, где для осаждения железа и кремнезема из растворов существовали благоприятные физико-химические условия.

Этот довольно обширный древний (железорудный) бассейн по концентрации в отдельных частях его железистых осадков (впоследствии преобразованных в железистые кварциты и магнетитовые гнейсы) можно разделить на ряд железорудных бассейнов, к которым относятся Криворожско-Кременчугский, бассейн КМА, Белорусский, Прибалтийский, Карельский и Кольский бассейны. Длина этого большого древнего железорудного бассейна в меридиональном направлении, судя по распространению железистых кварцитов, простирающихся от Ингулецкого района Криворожского железорудного бассейна до самых северных магнитных аномалий Кольского полуострова, достигает примерно 2300 км. Ширина бассейна в некоторых участках около 800 км. Но истинная ширина этого бассейна будет, повидимому, значительно большей, так как железистые кварциты встречаются на Скандинавском полуострове и в некоторых местах Западной Европы.

Этот огромный железорудный бассейн мы предлагаем назвать Русским железорудным бассейном. Другого такого обширного железорудного бассейна на территории СССР и на всем земном шаре пока не установлено.

Более точное оконтуривание этого древнего обширного железорудного бассейна и выявление его огромных железорудных ресурсов может быть произведено лишь в результате проведения комплексных (с применением различных методов) геофизических исследований с последующей проверкой геофизических данных буровыми работами. Этими исследованиями должна быть охвачена довольно обширная территория Русской платформы от Азовского и Черного морей до Баренцова моря. При этом геофизической (главным образом магнитометрической и гравиметрической) съемкой должны быть покрыты такие регионы, как Азовско-Подольский массив, Воронежский и Белорусский выступы, Украинская впадина, Подмосковная котловина, территория Прибалтики, вся территория, расположенная между Подмосковной котловиной и Карельским перешейком, Карельский перешеек и Кольский полуостров.

Эти геофизические исследования на обширной территории бассейна должны проводиться Геофизическим институтом Академии наук СССР совместно с геофизическими учреждениями Министерства геологии и охраны недр, нефтяной и угольной промышленности СССР. При оконтуривании этого Русского железорудного бассейна и выявлении в его пределах залежей железных руд (железистых кварцитов и магнетитовых гнейсов) при помощи геофизических работ могут быть одновременно выявлены также другие полезные ископаемые (угли, нефть и газы) и разрешены многие важные теоретические вопросы относительно строения земной коры на этом большом участке, так как обширная территория бассейна слагается различными горными породами, имеющими различный генезис, литологический состав и различный возраст (от молодых четвертичных до древнейших архейских). В настоящее время в Геофизическом институте АН СССР д-ром геол.-мин. наук А. Т. Донобедовым уже составлен проект программы геофизических исследований в южной части русской платформы и сопредельных районов. Намеченные этой программой геофизические исследования должны охватить большую площадь русской платформы (от Черного моря до Москвы). Но для оконтуривания упомянутого выше русского железорудного бассейна следовало бы расширить эти геофизические исследования и продолжить их к северу от Москвы до берегов Баренцова моря в пределах Кольского полуострова. Условия залегания железистых кварцитов бассейна КМА определяются их стратиграфическим и тектоническим положением среди толщи докембрийских метаморфических пород, представленных различными кристаллическими сланцами и гнейсами.

Все докембрийские и метаморфические породы на территории КМА А. Д. Архангельским и И. И. Корбуш [27] впервые были разделены на три отдела, которые впоследствии были названы геологами КМА верхним, средним и нижним. Верхний отдел представлен в основном сланцево-известковой толщей, средний—толщей железистых кварцитов и нижний—сланцево-гнейсовой и мигматитовой толщей. По этой трехчленной схеме все геологи, изучающие геологию КМА, производят в настоящее время разделение и характеристику протерозойских метаморфических пород этого бассейна.

А. Д. Архангельский и И. И. Корбуш, как было уже сказано, выделили на КМА среди пород докембрия три отдела (верхний, средний и нижний).

В. И. Лучицкий, производя петрографические исследования этих докембрийских пород, также придерживался указанной схемы трехчленного деления. Он разделял все породы докембрия на три группы: 1) кроющие породы; 2) рудоносную толщу и 3) подстилающие породы. В толще кроющих пород, в свою очередь, он выделяет биотитовые сланцы, известково-слюдистые сланцы, известняк, известково-хлоритовые сланцы, мусковито-известково-турмалиновые сланцы, двуслюдистые сланцы, тремолитовый известняк, известково-биотитовые сланцы, слюдистые известняки, доломитовый известняк, кварцевый известняк, керсантитовый гнейс, кристаллические известняки, двуслюдяные сланцы, биотитовые гнейсы.

В рудоносной толще В. И. Лучицким выделяются: 1) железистые кварциты, среди которых имеется несколько минералогических разновидностей; 2) породы роговообманковые, роговообманково-магнетитовые, хлоритово-магнетитовые, хлоритово-роговообманковые с магнетитом и без него, роговообманково-гранатовые; 3) реже присутствуют в отдельных прослоях биотитовый и керсантитовый гнейсы, хлоритовый сланец, роговообманковый известняк, гранит.

Среди рудоносной толщи, т. е. среди толщи железистых кварцитов, кристаллические сланцы и безрудные кварциты присутствуют в виде прослоев или слоев небольшой мощности.

В состав подстилающих пород входят биотитовые и керсантитовые гнейсы, слюдяные сланцы, карбонатово-слюдяные сланцы, гранатово-хлоритовые сланцы, кварцит (безрудный), двуслюдяной кварцит, хлоритовый кварцит, биотитовый известняк и реже граниты и гранодиориты.

Позднее среди докембрийской метаморфической толщи КМА (И. А. Русиновичем, А. А. Прозоровским, Б. Д. Клагиш, И. П. Калининым и др.) были установлены конгломератовидные («бласто-псаммитовые») парагнейсы, амфиболиты, амфиболо-магнетитовые и актинолитовые сланцы, габбро, габбро-диабазы и диориты. М. Н. Воскресенская (ДАН СССР, т. 98, № 3, 1954) устанавливает также среди докембрия КМА различные метаморфизованные эффузивные породы, хотя при этом она совершенно необоснованно относит конгломератовидные гнейсы к «метаморфизованным эффузивным кварцевым порфирам» и брекчии железистых кварцитов к туфобрекчиям.

На Осколецком (скв. № 47) и Веретенинском (скв. № 761 и 145) участках обнаружены брекчии железистых кварцитов, залегающие на Веретенинском участке под кристаллическими сланцами (скв. № 145) верхнего отдела и плотно сцементированные раскристаллизованной силикатно-карбонатной массой (фиг. 107 и 108).

Возраст этих брекчий на Веретенинском участке определяется как протерозойский, они образовались при размыве толщи железистых кварцитов перед отложением пород (кристаллических сланцев) верхнего отдела докембрия.

Из приведенной выше последовательности расположения докембрийских метаморфических пород всех трех отделов видно, что толща железистых кварцитов («рудоносная толща», по В. И. Лучицкому) залегает между метаморфическими породами нижнего и верхнего отделов. Покрывающими породами для этих кварцитов является сланцево-известковая толща верхнего отдела, а подстилающими породами являются породы сланцево-гнейсовой и мигматитовой толщи нижнего отдела. Переход железистых кварцитов в подстилающие и покрывающие породы обычно постепенный. На контакте железистых кварцитов с вмещающими породами обычно располагается небольшая по мощности переходная зона, в пределах которой наблюдается наиболее частое чередование небольших прослоев железистых кварцитов с прослоями кристаллических сланцев или безрудных кварцитов.

На рудных участках КМА в буровых скважинах долгое время не наблюдалось фактов, свидетельствовавших о перерывах в отложении пород докембрия, но в 1953 г. Н. А. Плаксенко обнаружил на Тимском участке базальные конгломераты, залегающие на границе среднего и верхнего отделов докембрия. На перерыв в отложениях осадков между средним и верхним отделами докембрия указывают также и брекчии железистых кварцитов на Веретенинском участке. Кроме того, Н. А. Плаксенко установлено также и угловое несогласие между железистыми кварцитами среднего отдела и кристаллическими сланцами верхнего отдела. Об угловом же несогласии и перерыве в отложениях между свитой железистых кварцитов и сланцево-карбонатной свитой верхнего отдела докембрия пишет в своей статье и Б. П. Епифанов. В Криворожском бассейне (на месторождении Валявка) также фиксируется перерыв между отложениями пород верхнего и среднего отдела докембрия. Таким образом, на КМА и в Кривом Роге контакт между толщей железистых кварцитов и покрывающими их кристаллическими сланцами является

несогласным. Это несогласие носит эрозионный и тектонический характер. Вся толща железистых кварцитов в пределах бассейна КМА смята в крутые складки, которые имеют в основном северо-западное простирание. Поэтому железистые кварциты вместе с вмещающими их кристаллическими сланцами имеют крутое падение. Углы падения толщи железистых кварцитов колеблются от 65 до 85 и даже 90°. Структура толщи железистых кварцитов и вмещающих их кристаллических сланцев докембрия более подробно освещается в статье А. С. Егорова и Н. А. Плаксенко.

На геологических и геофизических картах, геологических разрезах отдельных рудных участков и всей территории КМА, приложенных к статьям настоящего сборника, частично отражено геологическое строение этого бассейна. По этим картам и разрезам можно составить лишь общее представление о геологии описываемого бассейна, о структуре докембрийского кристаллического фундамента и о толще железистых кварцитов.

Как видно из геологических разрезов, приведенных в данном сборнике, весь комплекс метаморфических пород докембрия покрыт плащом рыхлых осадочных образований девона, карбона, юры, мела и третичного периода. Породы докембрия нигде в пределах КМА не выходят на дневную поверхность и поэтому строение докембрийского фундамента КМА устанавливается только при помощи буровых скважин, которые проходятся в бассейне с целью разведки железистых кварцитов и богатых железных руд. На некоторых геологических разрезах показаны условия залегания железистых кварцитов, их складчатая структура и строение. Правда, на некоторых разрезах показано сложное складчатое строение толщи железистых кварцитов Салтыковского и Северо-Коробковского участков, но такое складчатое строение железистых кварцитов на этих разрезах не подтверждено пока буровыми скважинами на более глубоких горизонтах и рисуется авторами (А. А. Прозоровским и Н. А. Плаксенко) главным образом на основе общих геологических соображений.

Не доказанным на этих разрезах является также и распространение толщи железистых кварцитов на глубину и характер ее выклинивания. Эти кварциты могут распространяться на большую или меньшую глубину и их выклинивание или изгиб на глубине могут быть совершенно другими. На КМА эти вопросы пока остаются нерешенными, так как буровые скважины врезаются в кварциты лишь на небольшую глубину. Мощность толщи железистых кварцитов КМА колеблется по отдельным участкам от 140 до 350 м и более. Залежи железистых кварцитов во всех случаях имеют пластообразную форму. На многих рудных участках КМА установлен пока один пласт (или горизонт) железистых кварцитов, но на некоторых участках установлено по нескольку рудных пластов (или горизонтов). Так, например, на Салтыковском участке установлено два рудных пласта, на Стойлинском — три, а на Ястребовском — пять пластов. Эти отдельные пласты железистых кварцитов следует относить к одной рудной толще, так как эти пласты на указанных участках разобщены между собой лишь небольшими по мощности слоями кристаллических сланцев. Для всего бассейна КМА, однако, остается до сих пор не выясненным вопрос о количестве толщ железистых кварцитов. Так, например, в Кривом Роге мощность так называемого среднего отдела докембрия, в котором обычно располагаются железистые кварциты, достигает 1500 м. В этом бассейне среди пород среднего отдела докембрия установлено несколько горизонтов железистых кварцитов. В Кременчуге мощность метаморфических пород среднего отдела докембрия равна 1200 м и среди пород этого отдела установлено четыре толщи железистых кварцитов. В пределах всего бассейна КМА пока еще

не установлена даже мощность пород среднего отдела докембрия и остается совершенно не решенным вопрос о количестве среди этих пород пластов или пачек (толщ) железистых кварцитов. Кроме того, на всей территории КМА нигде еще не выяснен характер выклинивания толщи железистых кварцитов, не установлено также распространение этих кварцитов на глубину и не обнаружено каких-либо их фациальных изменений.

3. Минералогический и химический состав железистых кварцитов КМА

Толща железистых кварцитов КМА не является однородной по своему составу и строению. Среди этой толщи выделяются различные горизонты (или типы) железистых кварцитов, отличающихся между собой по минералогическому составу и отчасти по текстурным особенностям. Кроме того, среди этой толщи встречаются прослои различных кристаллических сланцев, которые также отличаются между собой по минералогическому составу. Поэтому минералогический состав этой толщи является довольно сложным. В состав толщи неизмененных (неокисленных) железистых кварцитов входят различные группы минералов. Основными минералами этих кварцитов являются различные минералы железа, кварц и силикаты, в меньшем количестве в них присутствуют карбонаты и сульфиды, реже встречаются в кварцитах минералы титана, фосфора и бора.

Железорудные минералы в основном представлены магнетитом и гематитом (железным блеском и тонкодисперсным гематитом), реже встречается мушкетовит. В окисленных и выветрелых железистых кварцитах присутствует мартит, гидрогематит, реже гетит и гидрогетит. Группа сульфидов представлена пирротином, пиритом, халькопиритом, редко арсенопиритом, галенитом и сфалеритом. Группа силикатов представлена кварцем, различными пироксенами, роговой обманкой, амфиболами, хлоритами, гранатами, биотитом, мусковитом, серицитом, полевыми шпатами, турмалином, тальком и др.

Карбонаты в железистых кварцитах представлены кальцитом, доломитом, сидеритом и анкеритом. Минералы титана представлены рутилом, сфеном и ильменитом. Минералы фосфора представлены одним апатитом (фтор- и хлор-апатитом).

Из всех перечисленных выше минералов главную роль в составе железистых кварцитов играют лишь магнетит, кварц, железный блеск и иногда хлорит. Второстепенная роль в составе железистых кварцитов принадлежит биотиту, эгирину, куммингтониту, доломиту, кальциту, пириту, пирротину, щелочным амфиболам, серициту и тальку. Все другие указанные выше минералы в составе железистых кварцитов играют незначительную роль, а некоторые из них являются акцессорными и весьма редко встречаются в кварцитах.

В прослойках кристаллических сланцев, которые встречаются среди толщи железистых кварцитов, главная роль принадлежит различным силикатам: пироксену, роговой обманке, хлориту, биотиту, иногда тальку, серициту, гранату и др. Среди этих сланцев встречаются прослои и вкрапленность пирита. Эти сланцы имеют также полосчатое (слоистое) строение и среди них нередко встречаются прослои с интенсивной вкрапленностью граната (фиг. 167—171). В некоторых прослоях кристаллических сланцев, находящихся в толще железистых кварцитов, содержится редкая или интенсивная вкрапленность магнетита. Магнетит в этих прослоях сланцев не образует тонких прослойков, как в железистых кварцитах, и обычно распределяется по породе неравномерно в виде изометричных и неправильных зерен, имеющих различные раз-

меры (фиг. 88, 96). Во всех различных минералогических разновидностях железистых кварцитов, выделяемых по преобладанию того или иного железорудного минерала, почти всегда присутствует кварц, который из всех нерудных минералов играет главную роль в составе железистых кварцитов. Этот минерал почти во всех разновидностях железистых кварцитов составляет 40—50% от всего минералогического состава породы. В этих кварцитах кварц обычно образует самостоятельные прослойки, которые, чередуясь с такими же по мощности магнетитовыми и гематитовыми (железный блеск) прослойками, придают железистым кварцитам полосчатое (слоистое) строение. На многих макрофотографиях, прилагаемых к настоящей работе (фиг. 37—82 и 103—106), довольно хорошо видно, какую роль играет кварц в составе железистых кварцитов и какие формы выделений он образует. Такое же примерно значение имеет и кварц в составе железистых кварцитов Кривого Рога (фиг. 2—4) и Кременчуга (фиг. 20—23). Однако на некоторых рудных участках КМА в составе железистых кварцитов кварц, по сравнению с другими силикатными минералами, не играет главной роли и по количеству значительно уступает им. Железистые кварциты, в составе которых главная роль среди нерудных минералов принадлежит не кварцу, а силикатам, обнаружены на Веретенинском, Яцынском (Михайловский узел) и Осколецком участках. Кварц в железистых кварцитах этих участков встречается лишь в виде редких и тонких прослойков. Полосчатая текстура этих кварцитов обусловлена чередованием между собой силикатных (хлоритовых, амфиболовых, биотитовых и магнетитовых) прослойков. На фиг. 54 показана текстура подобных железистых кварцитов, но на этой фигуре представлена макрофотография той части керна железистого кварцита Веретенинского участка, которая значительно обогащена кварцевыми прослойками. Во всей же толще этих магнетито-силикатных железистых кварцитов кварцевые прослойки встречаются значительно реже, чем показано на фиг. 54, а иногда они и совсем отсутствуют в кварцитах. В юго-восточной части Коробковского участка среди железистых кварцитов большим распространением пользуется куммингтонит. Этот минерал замещает собой магнетит, который образует лишь тонкие прослойки. В основном железистые кварциты этого участка состоят из куммингтонитовых и кварцевых прослойков, а магнетит в их составе играет лишь незначительную роль.

Среди железистых кварцитов в бассейне Курской магнитной аномалии наиболее распространены магнетитовые разности. В этих кварцитах основным рудным минералом является магнетит и только в небольшом количестве встречается железный блеск. Но кроме этой основной разновидности магнетитовых железистых кварцитов, на КМА встречаются и такие железистые кварциты, где главным рудным минералом является железный блеск. Такие кварциты обнаружены на Яковлевском рудном участке. В составе этих кварцитов встречается также и магнетит, но этот минерал образует мелкие зерна, которые весьма редко рассеяны среди кварцитов. Подобные железистые кварциты, состоящие в основном из железного блеска, обнаружены на Попельнастовском месторождении, которое расположено между Кременчугом и Кривым Рогом (фиг. 7—12). В составе этих кварцитов, так же как и в составе магнетитовых кварцитов, присутствуют кварц и силикаты. Эти кварциты по своей текстуре аналогичны магнетитовым кварцитам (фиг. 7—12), так как они также имеют полосчатое (слоистое) строение, обусловленное переслаиванием белых кварцевых прослойков с темными прослойками железного блеска. Сульфиды железа и меди (пирит, пирротин и халькопирит) присутствуют в кварцитах КМА сравнительно редко и образуют или тонкую вкраплен-

ность (халькопирит) или отдельные тонкие прослойки среди кварцитов (пириты и пирротин), а иногда они образуют слоистые сульфидные породы (Лебединский участок).

Сульфиды свинца, цинка и мышьяка (галенит, сфалерит и арсенопирит) встречаются в кварцитах значительно реже, чем сульфиды железа и меди. Они образуют отдельные небольшие скопления или тончайшую вкрапленность и приурочены к гидротермальным прожилкам, которые изредка встречаются в толще железистых кварцитов.

Микроскопические исследования железистых кварцитов дают возможность выяснить более детально распределение среди этих кварцитов различных минералов и их структурные взаимоотношения. При макроскопическом осмотре железистых кварцитов кварцевые, магнетитовые, гематитовые (железный блеск), пиритовые, пирротиновые, хлоритовые, куммингтонитовые, тальковые, эгириновые, а иногда и апатитовые прослойки внешне резко различаются между собой и представляются как мономинеральные образования. Микроскопические же наблюдения показывают, что все эти прослойки вовсе не являются мономинеральными, а состоят из двух или нескольких минералов. Чаще всего одни минералогические прослойки имеют в своем составе примеси минералов, из которых состоят другие смежные с ними прослойки. Так, например, при переслаивании магнетитовых прослойков с кварцевыми всегда наблюдается примесь магнетита, а иногда и других минералов в кварцевых прослойках, а кварц и некоторые другие минералы всегда присутствуют в магнетитовых прослойках. Форма выделений разных минералов и их взаимоотношений в разнообразных прослойках железистых кварцитов хорошо представлена на микрофотографиях (фиг. 83—100).

Иногда под микроскопом в кварцевых, магнетитовых и других прослойках, кажущихся макроскопически однородными, наблюдается тонкослоистое их строение (фиг. 83—87). Эта слоистость, как видно на микрофотографиях, обусловлена чередованием тончайших шнурочков или зон, наиболее обогащенных тем или другим минералом (магнетитом, кварцем и др.). Прослойки пирита среди железистых кварцитов также макроскопически кажутся однородными, а под микроскопом выявляется их сложный минералогический состав. В этих прослойках присутствует кварц (иногда в значительных количествах, фиг. 94), магнетит, серицит, амфиболы, железный блеск и другие минералы. Аналогичный состав имеют пирротиновые и многие другие минералогические прослойки железистых кварцитов. Среди этих железистых кварцитов имеются так называемые краснополосчатые разновидности. Красноватая окраска некоторых кварцевых прослойков в этих разновидностях кварцитов обусловлена наличием интенсивной вкрапленности тончайших зерен и чешуек гематита (в форме железного блеска и в виде землистых его скоплений), который под микроскопом (в проходящем свете) просвечивает красным и вишнево-красным цветом. Этот гематит приурочен к рудным и силикатным прослойкам железистых кварцитов, но макроскопически он обнаруживается лишь тогда, когда встречается в кварцевых прослойках, имеющих халцедоноподобный облик. Характер вкрапленности гематита в таком кварцевом прослойке показан на одной из микрофотографий полированного шлифа (фиг. 95).

Н. Ф. Аникеева считает, что гематит в этих краснополосчатых кварцитах образовался в стадию регрессивного метаморфизма за счет магнетита. В эту же стадию регрессивного метаморфизма, по мнению Н. Ф. Аникеевой, образуются среди железистых кварцитов и секущие прожилки железного блеска. Такие секущие прожилки сравнительно часто встречаются среди этих кварцитов. Они характеризуются тем, что

в них почти всегда развиваются наиболее крупные пластинки железного блеска, иногда достигающие в длину 1 см. Такие же секущие прожилки железного блеска, а иногда и магнетита, в железистых кварцитах имеют и гидротермально-метасоматическое происхождение, так как они не только сами по себе секут железистые кварциты, как это показано на фиг. 59 и 81, но и встречаются совместно с секущими кварцевыми жилками (фиг. 37 и 39), которые, несомненно, имеют гидротермальное происхождение. Под микроскопом секущие прожилки железного блеска обнаруживают пластинчатое строение, причем отдельные пластинки железного блеска имеют неодинаковые размеры и ориентированы в различных направлениях (фиг. 93). Железный блеск в этих прожилках ассоциирует с кварцем.

Химический состав железистых кварцитов Курской магнитной аномалии изучен пока недостаточно полно. Геологоразведочные экспедиции и партии Министерства геологии и охраны недр для своих практических целей анализируют эти кварциты лишь на небольшое количество элементов; а Академия наук СССР, занимающаяся изучением КМА, пока еще не приступила к детальным и более углубленным химическим и геохимическим исследованиям железистых кварцитов и богатых железных руд КМА. Имеющиеся в настоящее время (аналитические, химические и геохимические) данные по железистым кварцитам Курской магнитной аномалии пока не позволяют с достаточно исчерпывающей полнотой осветить химический состав этих кварцитов. Большая аналитическая работа по детальному исследованию химического состава железистых кварцитов и богатых железных руд КМА должна быть проделана в ближайшее время, так как при этом должны быть решены весьма важные теоретические и практические вопросы.

В настоящее время имеется много сокращенных химических анализов проб железистых кварцитов и богатых железных руд КМА и небольшое количество полных химических анализов этих кварцитов и руд, полученных экспедициями треста «Курскгеология» при разведке месторождений. Кроме того, имеется несколько сот спектральных анализов руд и кварцитов, полученных сотрудниками Академии наук СССР.

Сокращенные химические анализы проб железистых кварцитов производились главным образом с целью определения в них железа, кремнезема и отчасти серы, фосфора и глинозема. Железо и кремнезем определялись во всех пробах, а на серу, фосфор и глинозем анализировалось лишь около 20% всех рядовых проб. Полные химические анализы железистых кварцитов производились с целью определения в них металлического железа (общего, рудного и силикатного), окиси и закиси железа, кремнезема, глинозема, серы, фосфора, окиси магния, окиси кальция, марганца, окиси титана, щелочей и потери при прокаливании.

Содержание железа (общего) в железистых кварцитах для всего бассейна КМА колеблется от 13—15 до 37—40%, реже достигает 45%. Среднее же содержание железа в железистых кварцитах для отдельных рудных участков колеблется от 33 до 39%.

По данным, приведенным в статье А. А. Прозоровского, среднее содержание железа по Салтыковскому, Северо-Коробковскому и Южно-Коробковскому рудным участкам равно 34%, а по Новооскольскому, Стойленскому и Яцынскому участкам это содержание железа выше и равно для Яцынского участка 37,67%, для Новооскольского — 38,53% и для Стойлинского — 39,6%. Более высокое среднее содержание железа в кварцитах Яцынского, Новооскольского и Стойленского участков объясняется тем, что в кварцитах этих участков содержится меньшее количество кварцевых прослойков и вместо них в кварцитах появляются

силикатные (хлоритовые и др.) прослойки, которые сами содержат железо. В кварцитах Веретенинского участка (Михайловский узел аномалий) также содержится большое количество силикатных (хлоритовых и др.) прослойков (вместо безрудных кварцевых) и потому среднее содержание железа в кварцитах этого участка колеблется от 37—39 до 41%.

Из приведенных данных видно, что по содержанию железа железистые кварциты всего бассейна Курской магнитной аномалии относятся к типу бедных железных руд и перед доменной плавкой они нуждаются в обогащении.

Исследования обогатимости этих кварцитов, проведенные Механобром, показали, что из них можно получать методом мокрой магнитной сепарации концентрат с содержанием железа 60—65%. Действующая в настоящее время на руднике им. И. М. Губкина обогатительно-агломерационная фабрика получает из железистых кварцитов (при дроблении их до 150 меш) методом мокрой магнитной сепарации железистый концентрат, который затем офлюсовывается, агломерируется, и получаемый из него агломерат плавится на Ново-Тульском металлургическом заводе. Таким образом, проблема использования железистых кварцитов Курской магнитной аномалии в черной металлургии как бедных железных руд может считаться в основном решенной.

Содержание в железистых кварцитах КМА кремнезема, глинозема, серы и фосфора, по данным неполных химических анализов, также подвержено большим колебаниям. Содержание кремнезема колеблется от 30 до 65%, глинозема от 0,30 до 2,5%, серы от 0,008 до 0,83% и фосфора от 0,009 до 0,10% и в отдельных пробах достигают 0,76%. Данные о колебании других элементов приведены ниже.

Компоненты	Содержание в %	Компоненты	Содержание в %
Fe_2O_3	32,00—42,00	MnO	0,05— 0,10
FeO	10,00—19,00	TiO_2	00,5— 0,22
CaO	1,50— 3,50	Na_2+K_2O	0,50— 1,80
MgO	0,80— 3,00	П. п. п.	0,90— 4,50

Приведенные данные химических анализов железистых кварцитов показывают, что содержание всех элементов, установленных этими анализами в кварцитах, подвержено большим колебаниям. Однако среднее содержание большинства компонентов, за исключением кремнезема, по отдельным рудным участкам подвержено незначительным колебаниям.

Приводим содержание различных компонентов в железистых кварцитах по отдельным участкам.

Компоненты	Колебания содержания в %	Компоненты	Колебания содержания в %
SiO_2	39,00—43,00	MnO	0,04— 0,06
Fe_2O_3	33,00—35,00	TiO_2	0,07— 0,17
FeO	13,00—18,00	Na_2O+K_2O	0,30—1,16
Al_2O_3	1,20— 1,70	S	0,12— 0,17
CaO	1,80— 2,50	P	0,04— 0,06
MgO	1,90— 2,60	П. п. п.	1,66— 3,58

Как видно из приведенных данных химических анализов, главными составными компонентами железистых кварцитов являются железо и кремнезем. Все остальные компоненты содержатся в кварцитах в небольших количествах. По содержанию и соотношению шлакообразующих компонентов (отношения суммы кремнезема и глинозема к сумме окиси кальция и окиси магния) железистые кварциты не могут быть отнесены к группе самоплавких руд, так как они содержат довольно

большое количество кремнезема и весьма небольшое количество окиси магния и окиси кальция. Содержание вредных примесей (серы и фосфора) в железистых кварцитах невелико и по сере и фосфору они могут быть отнесены к нормальным (обычным) железным рудам. Содержание щелочей в железистых кварцитах Курской магнитной аномалии является повышенным, но щелочи не могут ухудшить качество получаемого из этих кварцитов сырья, так как они при доменной плавке уходят в шлак.

Спектральными анализами дополнительно были обнаружены в железистых кварцитах следующие элементы: медь, свинец, цинк, олово, никель, кобальт, хром, ванадий, барий, мышьяк, бериллий, цирконий, галлий, стронций и германий. Из всех обнаруженных спектральным анализом элементов наиболее часто встречаются в кварцитах медь, никель и ванадий. Не обнаружены спектральными анализами в железистых кварцитах следующие элементы: теллур, сурьма, серебро, кадмий, молибден, тантал, ниобий, висмут, индий, вольфрам, литий, таллий и скандий.

В результате химических и спектральных анализов в железистых кварцитах КМА были установлены следующие элементы: железо, марганец, титан, ванадий, хром, никель, кобальт, медь, свинец, цинк, олово, сера, фосфор, мышьяк, кремний, алюминий, кальций, магний, кислород, водород, углерод, натрий, калий, хлор, фтор, барий, бериллий, галлий, стронций, цирконий, бор и германий.

Несомненно, что более детальные углубленные химические и геохимические анализы железистых кварцитов Курской магнитной аномалии могут увеличить приведенное выше число известных химических элементов (32 эл.), находящихся в этих кварцитах.

4. Классификация железистых кварцитов Курской магнитной аномалии

Детальное геологическое, минералогическое, химическое, геохимическое и физико-механическое изучение железистых кварцитов и богатых железных руд бассейна Курской магнитной аномалии весьма необходимо для решения многих важных теоретических и практических вопросов (добыча, обогащение, агломерация и плавка руд), которые возникают сейчас при детальной разведке и которые, несомненно, могут возникнуть в дальнейшем при изучении и эксплуатации железистых кварцитов и богатых руд этого обширного железорудного бассейна. Изучение будет затруднено без подробно разработанной классификации кварцитов и руд, так как железорудная толща Курской магнитной аномалии имеет сложное строение и состоит из различных типов и разновидностей железистых кварцитов и богатых руд, различающихся между собой по генезису, минералогическому и химическому составу, текстуре и структуре, цвету и другим признакам. В пределах Курской магнитной аномалии все железистые кварциты представляют собой бедные железные руды, но в отличие от них в этом бассейне имеются богатые железные руды, представляющие, с одной стороны, кору выветривания этих кварцитов и, с другой — осадочные руды, залегающие среди осадочных пород девона, карбона и юры, которые покрывают собой комплекс метаморфических пород докембрия. Кроме того, имеются и гипогенные руды, залегающие в толще железистых кварцитов.

Наличие разнообразных бедных и богатых типов руд на КМА обусловлено различными физико-химическими, палеогеографическими и фациальными условиями, метаморфическими и метасоматическими процессами, которые имели место как при отложении рудного вещества, диагенезе и метаморфизме рудного осадка, так и при пострудных

процессах, которым подвергалась вся древняя железорудная толща КМА за период ее долгого существования. Следует, однако, отметить, что весь рудоносный комплекс КМА является довольно сложным по своему вещественному составу и другим свойствам, и поэтому даже в детально разработанной классификации можно не все предусмотреть и даже упустить некоторые минералогические, химические, текстурно-структурные и другие разновидности, которые могут быть встречены среди этого рудного комплекса.

При классификации железистых кварцитов КМА необходимо иметь в виду, что среди них встречается несколько различных типов и разновидностей, которые различаются между собой по текстурным и структурным особенностям, минералогическому и химическому составу, по магнитности, цвету, плотности, твердости, объемному и удельному весу и по другим признакам. Все эти признаки и должны быть положены в основу детальной классификации железистых кварцитов. Кроме того, эти кварциты должны также разделяться и по содержанию в них основного полезного компонента — железа — на различные сорта.

Для практических целей и особенно для нужд полевой документации керна буровых скважин, когда необходимо быстро решать многие практические задачи (отбор проб из только что поднятого керна на химический анализ, взятие образцов для петрографического и минералогического исследования, для определения физических и геофизических свойств кварцитов и т. п.), необходима простая, хотя бы схематическая классификация железистых кварцитов. Такая упрощенная классификация может быть разработана по внешним признакам и свойствам железистых кварцитов. Эти признаки должны быть легко определены макроскопически в поле и в то же время они должны быть характерными для различных типов кварцитов. Такими внешними легко и быстро определимыми в поле признаками для упрощенной классификации железистых кварцитов могут быть: 1) текстура кварцитов, 2) магнитность, 3) цвет и 4) отчасти минералогический состав.

Для железистых кварцитов бассейна КМА до сих пор не разработана ни детальная, ни упрощенная (рабочая) классификация. Лишь для кварцитов некоторых месторождений Старооскольского узла магнитных аномалий КМА Н. А. Плаксенко предложил классификацию по минералогическому составу и разработал метод их химической корреляции. В этой классификации автор правильно и вполне обоснованно разделил железистые кварциты на «первичные», не измененные, и «вторичные», окисленные кварциты зоны выветривания. Среди «первичных» кварцитов он выделяет четыре класса (магнетитовые, железнослюдково-магнетитовые, магнетито-железнослюдковые и железнослюдковые), а затем в пределах этих классов выделяет 14 типов кварцитов по наличию в этих типах карбонатов и силикатных минералов (куммингтонита, тремолита, мусковита, щелочных амфиболов и др.). Среди «вторичных» кварцитов он выделяет один класс (мартитовый) и пять различных типов.

Метод химической корреляции кварцитов, разработанный А. Н. Плаксенко, преследует цель уточнения минералогической характеристики железистых кварцитов с точки зрения количественного определения в них главных железорудных минералов — магнетита и гематита (железного блеска и мартита) [1].

Что касается минералогической классификации железистых кварцитов, разработанной упомянутым автором, то о ней следует сказать, что в ее основу положены автором правильные минералогические признаки,

[1] См. его статьи о классификации в настоящем сборнике.

и эта классификация может быть отчасти использована для практических целей при документации керна буровых скважин, но она является далеко не полной и вследствие этого не может быть названа детальной минералогической классификацией. Кроме того, разделение в этой классификации железистых кварцитов на отдельные минералогические классы и типы является необоснованным и не согласуется с общепринятой терминологией для минералогических классификаций. Ведь нельзя же разделять железистые кварциты на отдельные минералогические классы, если в любом выделенном автором минералогическом классе всегда содержатся примеси других рудных минералов.

Кроме того, при минералогической классификации любых полезных ископаемых вообще не принято выделять различные минералогические «классы». Разделение на классы какого-либо полезного ископаемого проводится лишь по крупности зерен технологами при обогащении этого полезного ископаемого. При обогащении многих руд термин «класс» применяется вполне рационально, так как при разделении продуктов обогащения на различных ситах (классификаторах) получаются определенные по крупности зерен классы (например, класс, содержащий зерна полезного ископаемого размером только от 0 до 3 мм или от 3 до 6 мм и т. п.). В пределах каждого из этих выделенных при помощи классификаторов классов не будет содержаться зерен, имеющих другие размеры.

Неудачным также в этой классификации является выделение различных «типов» железистых кварцитов по наличию в них того или иного силикатного или другого какого-либо нерудного минерала. При этом автор в своей классификации совершенно не учел тех железистых кварцитов, в которых вместо кварцевых прослойков содержатся силикатные прослойки.

Выделенные автором классы железистых кварцитов целесообразней называть типами, а его типы следует называть разновидностями, которые могут встречаться в пределах каждого типа кварцитов.

На методе химической корреляции железистых кварцитов, который автор разработал для быстрого определения содержания того или иного рудного минерала (магнетита и гематита) в железистых кварцитах, следует остановиться подробнее.

В основу этого графического метода для построения графика корреляции, который, по мнению автора, позволяет быстро определить содержание магнетита и гематита в кварцитах, положено соотношение общего содержания рудного (растворимого) железа к содержанию двухвалентного рудного (тоже растворимого) железа, которое входит в состав магнетита и сидерита. Затем, имея цифровые данные содержаний в пробах кварцитов общего рудного (растворимого) и двухвалентного (рудного) железа, пользуются этим графиком для точного определения содержания магнетита и гематита в кварцитах, что, в свою очередь, дает возможность отнести эти кварциты к тому или иному минералогическому типу.

Построение графика химической корреляции и использование этого графика для установления в кварцитах магнетита и гематита имело бы смысл в том случае, если бы на химический анализ отдавались не валовые (рядовые) пробы железистых кварцитов, а хорошо отобранные железорудные минералы. Поскольку такого отбора рудных минералов не производится и в анализ направляются пробы железистых кварцитов, которые состоят из смеси железорудных, силикатных минералов, кварца и сульфидов, то нет особого смысла заниматься построением графиков химической корреляции и определять затем по ним содержание в железистых кварцитах магнетита и гематита, так как при химических анали-

зах проб железистых кварцитов никогда не дается точное содержание «рудного» железа. В железистых кварцитах КМА всегда имеются различные силикаты, в составе которых содержится значительное количество железа. Многие из этих силикатов растворяются и содержащееся в них железо переходит в раствор вместе с «рудным» железом, которое содержится в окислах и гидроокислах железа (в магнетите, гематите, гидрогематите, гидрогетите и др.).

Во многих классических руководствах по химическому анализу минералов и горных пород всегда указывается на то, что при растворении соляной кислотой железорудных минералов растворяются вместе с ними и железосодержащие силикаты. В фундаментальном руководстве по «Анализу минерального сырья» [13] Э. В. Книпович пишет, что «лучшим растворителем для железорудных минералов является соляная кислота. При нагревании 5—10%-ный раствор HCl хотя и не скоро, но полностью растворяет как безводные и водные окислы железа, так и сидерит и разлагает многие железосодержащие силикаты. Очень часто рудные минералы сопровождаются силикатами, содержащими значительные количества железа, что особенно относится к рудам магнетитового типа, часто сопровождающимся роговыми обманками, пироксеном, хлоритом и другими железосодержащими минералами. При обработке таких руд соляной кислотой часть железа этих силикатов переходит в раствор вместе с железом рудных минералов; при этом совершенно естественно, что чем выше концентрация кислоты, чем выше температура и чем дольше обработка HCl, тем больше, относительно, железа из силикатов перейдет в раствор. Отсюда часто наблюдаемые сильные расхождения в анализах при определении так называемого растворимого железа».

Далее Э. В. Книпович пишет, что «при изменении условий анализа часто не дается представления об истинном проценте железа, находящегося в форме свободных окислов. Поэтому определение «растворимого железа» имеет смысл только тогда, когда пустая порода является кварцем или бедными железом силикатами» [13]. Из этого заключения следует, что при анализах проб железистых кварцитов КМА в категорию рудного (растворимого) железа попадало железо, содержащееся как в рудных (магнетите, гематите, сидерите и др.), так и в силикатных железосодержащих минералах.

Кроме того, при растворении окислов и гидроокислов железа соляной кислотой (перед анализом кварцитов) растворяется и часть сульфидов, содержащихся в кварцитах, а если в процессе растворения аналитик пользуется серной кислотой, то в таком случае растворяются почти все сульфиды железа (пирит, марказит, пирротин). При этом получается заведомо завышенное количество закисного железа. Это завышение закиси железа в пробе еще более увеличивается в связи с тем, что при разложении сульфидов образуется сероводород, действующий как восстановитель и переводящий часть окисного железа железорудных минералов в закисное.

Эти важные факты не учитывались Н. А. Плаксенко при составлении графика химической корреляции. Поэтому график химической корреляции железистых кварцитов, составленный и усиленно рекомендованный им для классификации кварцитов, построен на заведомо неверных и искаженных исходных данных и им ни в коем случае нельзя пользоваться для точного определения содержания в кварцитах главных железорудных минералов — магнетита и гематита (железного блеска и мартита). Да и сам автор этого метода, испытывая большие трудности при отнесении железистых кварцитов к тому или иному минералогическому типу на основе графика корреляции (с учетом закисного железа, а это железо

содержится в магнетите и сидерите), рекомендует по существу отвергнуть этот метод и для выяснения минералогического типа железистых кварцитов обращаться к записям полевого геологического журнала и к магнитной стрелке компаса, т. е. перейти к использованию более надежных макроскопических признаков минералов, чем созданный им самим метод химической корреляции.

Такая дополнительная рекомендация была сделана автором не случайно, так как она сама по себе должна была вытекать из-за непригодности и невозможности применения метода химической корреляции для классификации железистых кварцитов.

Для более полной и детальной классификации железистых кварцитов КМА, основанной на многих физических и химических признаках, которые были указаны в начале настоящего раздела, пока нет достаточных данных, так как железистые кварциты КМА детально еще не изучены. Поэтому в настоящее время такая классификация для железистых кварцитов КМА не может быть полностью разработана.

В настоящее время может быть разработана только лишь сокращенная классификация железистых кварцитов КМА.

Железистые кварциты этого бассейна были сформированы в докембрийскую эпоху. С момента их формирования и до современной эпохи прошел весьма большой промежуток времени. После формирования этих кварцитов область их развития, как и вся территория Русской платформы, была интенсивно собрана в крутые складки, а затем долгое время подвергалась (вероятно, в несколько циклов) эрозионному срезу. Во время выхода на дневную поверхность на железистых кварцитах образовалась мощная кора выветривания, рыхлые продукты которой сносились в пониженные области и давали начало формированию осадочных железных руд. Эти осадочные руды на КМА можно пока констатировать непосредственно на коре выветривания железистых кварцитов в виде весьма плотных конгломерато-брекчиевидных образований, а также среди девонских, каменноугольных и юрских осадочных пород в виде таких же подобных конгломерато-брекчиевидных, но менее плотных руд. Поэтому железистые кварциты КМА необходимо прежде всего разделить на два важнейших типа, которые различаются между собой по степени их изменения.

К первому из этих типов будут относиться совершенно свежие неизмененные железистые кварциты, ко второму типу следует отнести измененные и окисленные кварциты, точнее кору выветривания этих железистых кварцитов, которая образовалась на них за долгий промежуток времени, в течение которого эти кварциты выходили на дневную поверхность и не были покрыты осадками. В пределах этой коры выветривания, в свою очередь, выделяются две зоны, которые различаются между собой по степени выветрелости.

Самая верхняя зона этой коры является наиболее выветрелой и измененной. Эта зона значительно обогащена железом вследствие того, что из железистых кварцитов в пределах этой зоны выщелочены почти полностью безрудные кварцевые прослойки и полностью также оказались выщелоченными все силикатные минералы, которые также слагали среди кварцитов отдельные прослойки. Железо, содержащееся в этих силикатных минералах, при их окислении и разрушении осталось на месте, так как оно приобретало наиболее устойчивую форму в зоне выветривания, а другие элементы (кремний, кальций, магний, алюминий и др.), входившие в состав этих минералов, были вынесены из этой зоны. Железорудные прослойки железистых кварцитов хотя и были сильно изменены (магнетит перешел весь в мартит, за счет мартита образовывался гидро-

гематит и гидрогетит и т. п.), но остались на месте. Таким образом, в результате указанных процессов верхняя зона коры выветривания железистых кварцитов была обогащена железом. Поэтому эта верхняя зона коры выветривания железистых кварцитов КМА имеет большое практическое значение, так как она по существу представляет собой богатую (остаточную) железную руду с содержанием железа от 48 до 69%.

Вторая, более нижняя зона коры выветривания железистых кварцитов располагается ниже первой, сильно ожелезненной, и является промежуточной (переходной) зоной между свежими, неизмененными железистыми кварцитами и самой верхней зоной их коры выветривания, т. е. остаточными железными рудами. В этой переходной зоне коры выветривания не происходит выщелачивания кварцевых и силикатных прослойков железистых кварцитов. Здесь происходит главным образом окисление магнетита и перевод его в мартит. В более глубоких горизонтах этой зоны магнетит окисляется неполностью. Железный блеск почти никаких изменений в этой зоне не претерпевает. Силикаты и сульфиды также претерпевают здесь лишь частичные изменения и за их счет в некоторых случаях образуются окислы железа. Кварцевые прослойки железистых кварцитов в верхних частях этой зоны подвергаются иногда интенсивной дезинтеграции, приводящей к образованию так называемого мучнистого кремнезема (маршалита). Эта переходная зона, в отличие от верхней железистой зоны коры выветривания, лишь в верхней своей части несколько обогащена железом, а более нижняя ее часть содержит железа не больше, чем свежие неизмененные железистые кварциты.

Таким образом, железистые кварциты Курской магнитной аномалии необходимо разделить на следующие три зоны, которые различаются между собой по степени окисления и выветривания (снизу вверх):

1. Свежие (первичные) неокисленные и неизмененные кварциты.
2. Измененные, окисленные и частично дезинтегрированные железистые кварциты (нижняя зона коры выветривания).
3. Кора выветривания железистых кварцитов (верхняя зона), сильно ожелезненная, превращенная в богатые железные руды.

Среди каждой из этих выделенных трех зон кварцитов (свежих, окисленных и их ожелезненной коры выветривания), в свою очередь, выделяются различные типы и разновидности по минералогическому и химическому составу и по многим другим признакам.

Среди свежих (совершенно неокисленных) железистых кварцитов КМА по преобладанию в них главнейших железорудных минералов можно выделить два основных типа:

1. Магнетитовые железистые кварциты.
2. Гематитовые (железнослюдковые) железистые кварциты.

В пределах каждого из этих основных минералогических типов железистых кварцитов можно почти всегда встретить в том или ином количестве примесь железорудного минерала, присущего соседнему типу кварцитов. Так, например, в магнетитовых железистых кварцитах всегда содержится в качестве примеси в том или ином количестве гематит (железный блеск), а в гематитовых кварцитах всегда присутствует магнетит.

Иногда содержание железорудного минерала — примеси — в том и в другом типе кварцитов достигает значительных количеств и тогда уже становится целесообразным и необходимым (с практической и теоретической точек зрения) выделять смешанные типы железистых кварцитов, положив в основу этого выделения содержание тех же главнейших железорудных минералов (магнетита и гематита — железного блеска). Эти смешанные типы железистых кварцитов занимают промежуточное поло-

жение между двумя крайними (основными) мономинеральными типами железистых кварцитов (магнетитовыми и гематитовыми). Такие смешанные (промежуточные) типы железистых кварцитов вполне правильно были выделены и в классификации П. А. Плаксенко.

К этим смешанным (промежуточным) типам относятся:

1. Магнетито-гематитовые (железнослюдковые).
2. Гематито-магнетитовые.

В минералогическом составе первого смешанного (промежуточного) типа железистых кварцитов среди железорудных минералов преобладает магнетит, а во втором — гематит (железный блеск, синоним — железная слюдка).

Следует, однако, особо подчеркнуть, что в пределах железорудного бассейна Курской магнитной аномалии на всех железорудных участках, где свежие неизмененные железистые кварциты вскрыты буровыми скважинами, преобладающее значение имеет тип смешанных железистых кварцитов — магнетито-гематитовый, в составе которого всегда преобладает магнетит над гематитом (железным блеском).

Мономинеральные железистые кварциты, содержащие только один какой-либо железорудный минерал (магнетит или гематит — железный блеск), встречаются реже и имеют явно подчиненное значение в пределах бассейна КМА по сравнению со смешанным магнетито-гематитовым типом железистых кварцитов.

Магнетитовые (мономинеральные) железистые кварциты встречаются на некоторых рудных участках в виде отдельных слоев и пачек различной мощности, которые являются несколько обособленными в пределах общей толщи железистых кварцитов. Но и в этих слоях и пачках мономинеральных магнетитовых кварцитов почти всегда встречается, хотя в незначительном количестве, гематит (железный блеск).

Гематитовые (железнослюдковые) мономинеральные железистые кварциты на КМА встречены пока лишь в одном пункте, в пределах Верхопенской аномалии, около селения Яковлевки (между городами Обоянь и Белгород). Здесь скважиной № 5, пробуренной Обоянской геологоразведочной партией треста «Курскгеология», на глубине свыше 600 м, под остаточными гематитовыми (железнослюдковыми) рудами обнаружены гематитовые (железнослюдковые) железистые кварциты. В составе этих кварцитов содержится весьма мало магнетита, который рассеян в виде отдельных неправильных и изометрических зерен. Правда, эти зерна в большинстве случаев почти нацело или частично окислены и перешли в гематит (мартит), но они очень резко отличаются от удлиненных пластинок и чешуек железного блеска своей изометрической формой.

Таким образом, мономинеральные (магнетитовые и гематитовые) железистые кварциты на КМА имеют подчиненное значение и почти всегда содержат незначительное количество другого железорудного минерала (гематита в магнетитовых кварцитах, магнетита в гематитовых кварцитах).

Основным и преобладающим типом железистых кварцитов на Курской магнитной аномалии является смешанный магнетито-гематитовый тип этих кварцитов.

В минералогическом составе железистых кварцитов КМА существенное значение имеют безрудные минералы — кварц, различные силикаты и редко карбонаты. Эти минералы не только входят как примесь в состав железорудных (магнетитовых и гематитовых) прослойков, но образуют и самостоятельные прослойки, которые, чередуясь с рудными прослойками, слагают толщу железистых кварцитов.

Безрудные прослойки в железистых кварцитах состоят главным образом из кварца, и вследствие большого наличия этих кварцевых прослойков в описываемых породах последние и были названы «железистыми кварцитами». Такие кварциты на Курской магнитной аномалии распространены почти повсеместно. Однако на некоторых рудных участках встречаются железистые кварциты, у которых безрудные прослойки состоят не из кварца, а из различных силикатов — хлорита, роговой обманки, амфибола, куммингтонита, реже биотита, пироксена и др. Такие железистые кварциты вернее было бы называть кристаллическими магнетито-гематито-силикатными сланцами (или железистыми парагнейсами), а не железистыми кварцитами. Но поскольку такие железистые кварциты с силикатными безрудными прослойками имеют сравнительно небольшое распространение на КМА, так как встречаются только на некоторых рудных участках (Веретенинском, Салтыковском, Яцынском, Новооскольском, Стойлинском, Коробковском и Костельцевском) и образуют в толще обычных железистых кварцитов (имеющих в своем составе кварцевые и железистые прослойки) локальные обособления, то и эту разновидность пород докембрийской железорудной толщи мы, вместе со всеми другими исследователями КМА, называем и будем в дальнейшем называть железистыми кварцитами. Однако при классификации железистых кварцитов следует их разделить также на два типа по наличию в них безрудных кварцевых и силикатных прослойков. По этому признаку железистые кварциты могут быть разделены на:

1) железистые кварциты с кварцевыми прослойками (обычные или кварцевые железистые кварциты);

2) железистые кварциты с силикатными прослойками (или силикатные железистые кварциты).

Эти два типа железистых кварцитов легко могут быть распознаваемы макроскопически по различной окраске безрудных прослойков. В кернах буровых скважин кварцевые прослойки обычно имеют белый или светлосероватый цвет, а силикатные—зеленоватый или темнозеленый цвет. Выделение таких двух типов железистых кварцитов и их оконтуривание на всех рудных участках КМА может иметь практическое и теоретическое значение, так как железистые кварциты с силикатными прослойками всегда содержат больше железа, чем железистые кварциты с кварцевыми прослойками, вследствие того, что некоторые силикаты (например, железистые хлориты и др.) содержат в своем составе значительное количество железа, а кварцевые прослойки совершенно не содержат его.

Кроме того, для решения вопроса о генезисе толщи железистых кварцитов КМА необходимо учитывать те участки рудной толщи, где отлагались обычно железистые кварциты с кварцевыми прослойками и кварциты с силикатными (безрудными) прослойками, так как формирование различных безрудных и рудных прослойков кварцитов при метаморфических и метасоматических процессах происходило за счет первичных осадков, которые имели совершенно различный химический состав. Учет пространственного распределения и стратиграфического положения таких участков на территории всего бассейна КМА поможет решить многие генетические вопросы и, возможно, выяснить фациальные и геохимические условия накопления первичных осадков, из которых затем были сформированы кварцевые и силикатные прослойки железистых кварцитов.

Среди выделенных четырех типов железистых кварцитов по содержанию основных железорудных минералов (магнетитовых, гематитовых, магнетито-гематитовых и гематито-магнетитовых) имеется большое

количество разновидностей этих кварцитов, которые различаются между собой по содержанию в них минералов-примесей. К этим минералам-примесям относятся различные силикаты (пироксены, роговые обманки, амфиболы, слюды, тальк и др.), карбонаты (доломит, кальцит, сидерит и анкерит), сульфиды (пирротин, пирит, халькопирит, арсенопирит и весьма редко галенит и сфалерит), фосфаты (апатит) и др.

В минералогической классификации Н. А. Плаксенко выделено среди свежих железистых кварцитов по наличию в них силикатных минералов-примесей семь разновидностей (которые он неудачно и необоснованно называет типами). К этим разновидностям относятся: карбонатные (с большим количеством биотита), куммингтонитовые, тремолитовые, актинолитовые, щелочно-амфиболовые с эгирином, щелочно-амфиболовые без эгирина и мусковитовые.

Не оспаривая наличия всех этих разновидностей железистых кварцитов и правильность их выделения, следует, однако, наметить еще дополнительно несколько минералогических разновидностей. Общий перечень всех встречающихся минералогических разновидностей в толще железистых кварцитов, которые образуют в них прослойки или вкрапленности, будет включать разновидности железистых кварцитов с присутствием в них следующих минералов-примесей: доломита (реже кальцита), хлорита, биотита, серицита (и мусковита), куммингтонита, тремолита, актинолита, щелочных амфиболов, эгирина, талька, турмалина, пирита, пирротина, апатита, халькопирита (редко), арсенопирита, галенита и сфалерита (весьма редко).

Кроме перечисленных разновидностей, обнаружены еще разновидности железистых кварцитов с сидеритом, кальцитом, ферродоломитом, анкеритом и другими минералами.

Некоторые из перечисленных минералов-примесей могут встречаться в отдельных разновидностях железистых кварцитов группами, т. е. сразу по нескольку минералов в одной какой-либо разновидности (например, щелочные амфиболы с эгирином, хлорит с биотитом, доломит с кальцитом и биотитом и т. п.).

Таким образом, из изложенного выше видно, что по минералогическому составу и по соотношению различных минералов среди железистых кварцитов Курской магнитной аномалии выделяются: 1) четыре различных типа по содержанию и различному соотношению двух главнейших железорудных минералов (магнетита и гематита); 2) два типа по преобладанию нерудных минералов (кварца и силикатов), из которых состоят безрудные прослойки этих кварцитов, и 3) несколько разновидностей железистых кварцитов, которые различаются между собой по наличию в них разных минералов-примесей.

Одним из основных внешних признаков железистых кварцитов Курской магнитной аномалии является также их полосчатая (или слоистая) текстура.

Для иллюстрации различных текстурных типов и разновидностей железистых кварцитов, а также богатых (остаточных и осадочных) железных руд Л. И. Яковлевой при участии В. П. Рахманова была подобрана большая коллекция железистых кварцитов и руд КМА. Образцы эти отобраны из кернов буровых скважин, из шахты им. И. М. Губкина и сфотографированы В. А. Кузьминым, В. Н. Зайцевой и Н. М. Чупрыновым. Многие образцы были предоставлены нам С. Ф. Борисовым и В. М. Семашко из коллекции музея комбината «Кмаруда».

Макро- и микрофотографии упомянутых образцов прилагаются в особом атласе к настоящей работе и наглядно иллюстрируют текстуру и структуру железистых кварцитов и железных руд КМА.

Текстура железистых кварцитов является весьма характерной для всех месторождений СССР и зарубежных стран и очень резко отличается от других текстур, которыми обладают все остальные железные руды, относящиеся к другим генетическим типам.

По этому признаку железистые кварциты Курской магнитной аномалии могут быть разделены на следующие типы.

А. По ширине (толщине) рудных и нерудных прослойков:

1. Тонкополосчатые и микрополосчатые. Ширина отдельных прослойков (полос) колеблется от десятых долей миллиметра до 2 мм (фиг. 38, 40, 44, 45, 47, 52, 54, 69, 83, 84, 89).

2. Среднеполосчатые. Ширина отдельных прослойков (полос) колеблется от 2 до 5 мм (фиг. 37, 39, 41, 57, 63, 64).

3. Крупнополосчатые (грубо- или широкополосчатые). Ширина отдельных прослойков (полос) колеблется от 0,5 до 2 см и более (фиг. 56).

4. Разнополосчатые. К этому типу относятся кварциты, которые состоят одновременно из различных по ширине прослойков (полос), присущих всем трем предыдущим текстурным типам (фиг. 55, 60, 65, 71, 72, 77).

Б. По прямолинейности и выдержанности (по длине и толщине) прослойков:

1. Линейнополосчатые. Все рудные и безрудные прослойки (полосы) этих кварцитов являются прямолинейными и выдержанными по толщине (фиг. 69, 82).

2. Прерывисто (невыдержанно) полосчатые (или линзовидно-полосчатые). Отдельные прослойки (полосы) являются не выдержанными по простиранию и быстро (на протяжении 1—5 см) пережимаются, выклиниваются и вновь появляются (фиг. 67, 68).

3. Брекчиевидные и смещенно-полосчатые. Прослойки (полосы) этих кварцитов разорваны, развальцованы и смещены в результате дизъюнктивных и других тектонических нарушений (фиг. 40, 65, 66, 68).

4. Плойчатые (изогнутые). Прямолинейность прослойков (полос) этих кварцитов нарушена в результате пликативных (тектонических) подвижек (фиг. 37, 39, 53, 70, 56, 59, 61—64, 75, 76, 79, 80, 82а, 82б).

Для детального расчленения железистых кварцитов Курской магнитной аномалии по структурным особенностям мы пока не располагаем достаточными данными. Приложенные к настоящей работе микрофотографии железистых кварцитов (фиг. 83—100) указывают на то, что по своей структуре эти кварциты являются более или менее однородными. Однако среди них можно выделить по структурным особенностям несколько разновидностей. Общая полосчатая (слоистая) текстура, характерная для этих кварцитов, наблюдается и под микроскопом. Микрополосчатое (микрослоистое) строение кварцитов хорошо отражено на фиг. 83, 84—89.

Под микроскопом часто наблюдаются следующие структурные разновидности кварцитов:

1. Равномернозернистые (фиг. 84, 88, 89, 90, 98).
2. Неравномернозернистые (порфировидные) (фиг. 83, 86, 91, 92).
3. Тонкозернистые (фиг. 84, 88, 95).
4. Среднезернистые (фиг. 85, 86).
5. Со структурами замещения (фиг. 90, 91).

Структуры железистых кварцитов должны быть подвергнуты более детальному изучению, так как выявление структурных особенностей железистых кварцитов поможет выяснить некоторые вопросы, связанные с процессами метаморфизма и метасоматоза толщи этих кварцитов.

По цвету отдельные типы железистых кварцитов КМА не имеют резких различий между собой. Однако в некоторых случаях среди этих кварцитов наблюдаются отдельные слои и участки, где можно выделить

несколько разновидностей кварцитов, различающихся между собой по цвету. Цвет всех этих разновидностей зависит от слагающих их минералов. Так, например, железистые кварциты, состоящие из чередования магнетито-гематитовых и кварцевых прослойков, обладают светлосерым, серым и темносерым цветом, а кварциты, состоящие из магнетито-гематитовых и кварцевых прослойков со значительным (иногда с преобладающим) количеством силикатных минералов (хлорита, биотита, эгирина и др.), обладают серовато-зеленоватым, зеленоватым и темнозеленым цветом. Иногда кварциты обладают красноватым цветом, обусловленным наличием весьма тонкой эмульсионной вкрапленности гематита (в форме мельчайших чешуек железного блеска и бесформенных аморфно-землистых красноватых включений гематита) в кварцевых и рудных прослойках. Магнетитовые прослойки кварцитов имеют всегда темный (черный) цвет, гематитовые (железнослюдковые) прослойки также обладают в основном темным (черным) цветом, но они всегда отличаются своим слабоголубоватым или синеватым оттенком. Кварцевые прослойки имеют белый или светлосерый цвет, хлоритовые — зеленый, серо-зеленый или темнозеленый, эгириновые — желтовато- и травянисто-зеленый, куммингтонитовые — серовато-коричневатый цвет.

Сочетание рудных (магнетитовых и гематитовых) темных прослойков со светлосерыми кварцитами придает железистым кварцитам общий серый, а иногда темносерый цвет. Сочетание же темных рудных прослойков с кварцево-силикатными серовато-зеленоватыми, зеленоватыми и темнозелеными придает этим кварцитам серовато-зеленоватый или темнозеленый цвет.

Таким образом, по цвету среди железистых кварцитов Курской магнитной аномалии можно выделить следующие основные разновидности:

1. Серые (светло- и темносерые) железистые кварциты с кварцевыми прослойками.
2. Серовато-зеленоватые кварциты с кварцево-силикатными прослойками.
3. Темнозеленые кварциты с преобладающими хлоритовыми прослойками.
4. Красноватые (краснополосчатые) кварциты с кварцевыми прослойками, которые содержат тончайшую (эмульсионную) вкрапленность гематита.

Наличие среди кварцитов иногда значительного количества сульфидных прослойков (пирита, пирротина и др.) придает им другие оттенки.

По магнитным свойствам железистые кварциты Курской магнитной аномалии можно разделить на следующие разновидности:

1. Сильно магнитные (рудные прослойки — магнетитовые).
2. Магнитные (вместе с магнетитом в рудных прослойках присутствует гематит).
3. Слабо магнитные (в рудных прослойках преобладает гематит над магнетитом).
4. Немагнитные (в рудных прослойках присутствует только гематит — железный блеск).

По электромагнитным свойствам среди железистых кварцитов Курской магнитной аномалии можно выделить следующие разновидности:

1. Сильно электромагнитные.
2. Электромагнитные.
3. Слабо электромагнитные (слаборудные кварциты).
4. Неэлектромагнитные (безрудные кварциты).

В лабораторных условиях было установлено, что все разновидности железистых кварцитов являются в той или иной мере электромагнитными.

Электромагнитными являются не только мономинеральные немагнитные гематитовые (железнослюдковые) кварциты, но даже и железистые хлориты, входящие в состав железистых кварцитов. Не обладают электромагнитными свойствами только безрудные кварциты, которые совсем не содержат в своем составе железорудных минералов.

Электромагнитными свойствами немагнитных железорудных минералов (железного блеска) необходимо воспользоваться при обогащении железистых кварцитов Курской магнитной аномалии. Как выше было сказано, среди железистых кварцитов этого бассейна преобладающее значение имеет смешанный магнетито-гематитовый тип этих кварцитов. Поэтому при магнитном обогащении этих кварцитов в хвосты будет уходить немагнитный железорудный минерал — гематит (железный блеск). Поскольку содержание этого немагнитного минерала достигает иногда в кварцитах больших количеств, то вполне естественно, что он при магнитной сепарации будет уходить в хвосты и уносить с собой большое количество железа. Для извлечения железа из немагнитных хвостов на действующей обогатительной фабрике при руднике им. И. М. Губкина предусмотрено флотационное отделение. Однако хотя флотацией и возможно добиться наиболее полного извлечения в концентрат железа из кварцитов, тем не менее эта операция является довольно сложной и дорогостоящей и потому получаемый при флотации железистый концентрат будет иметь большую стоимость, что с экономической точки зрения вряд ли может быть оправдано.

По химическому составу железистые кварциты также могут быть расчленены на несколько разновидностей, так как различные их минералогические типы и разновидности обладают в то же время и различным химическим составом. Но для более точного разделения кварцитов по химическому составу пока нет достаточных данных, так как произведенные полные химические и спектральные анализы, во-первых, не являются представительными для всех минералогических типов и разновидностей кварцитов, а во-вторых, количество этих анализов является весьма малым для того, чтобы разделить по химическому составу довольно мощную толщу железистых кварцитов этого обширного железорудного бассейна. По результатам спектральных анализов можно судить о том, что в отдельных районах Курской магнитной аномалии железистые кварциты характеризуются присутствием в них некоторых элементов. Так, например, в кварцитах Веретенинского участка весьма часто встречается бериллий, в кварцитах Роговского участка встречаются цинк, свинец, хром, серебро, кобальт, цирконий, стронций, бериллий, барий, вольфрам, галлий и германий. На других участках среди кварцитов не наблюдается такого многообразия элементов. На Коробковском участке весьма часто встречаются в кварцитах свинец, цинк, никель и медь. Для кварцитов всех участков наиболее характерными являются медь и никель. По наличию кальция, магния, алюминия, титана, ванадия и натрия также наблюдаются различные разновидности железистых кварцитов, которые обычно приурочены к различным рудным участкам бассейна. Достаточные аналитические данные по этим элементам для разделения кварцитов по типам в настоящее время отсутствуют. Большое количество сокращенных химических анализов проб железистых кварцитов, которые были произведены во время разведки этих кварцитов на некоторых рудных участках, дает возможность составить достаточное представление о содержании в кварцитах железа, серы, фосфора и кремнезема. Содержание серы и фосфора по анализам рядовых проб также подвержено колебаниям, и по содержанию этих вредных примесей кварциты можно разделить следующим образом.

По сере:

1. Малосернистые (наиболее распространены обычные, серы — от следов до 0,2%).

2. Сернистые (серы от 0,2 до 1,5—2%).

По фосфору:

1. Малофосфористые (наиболее распространены, фосфора — от следов до 0,1%),

2. Фосфористые (редко встречаются при наличии в них апатита, фосфора — от 0,1 до 0,76%).

По содержанию железа железистые кварциты можно разделить на следующие типы.

1. Безрудные кварциты. Содержание железа колеблется от 0 до 10% и в среднем равно 3—5%.

2. Бедные железом кварциты (или бедные железистые кварциты). Содержание железа колеблется от 10 до 25% и в среднем равно 15—17%, но не достигает кондиционного содержания (т. е. 25%).

3. Обычные (кондиционные) по содержанию железа кварциты (или просто железистые кварциты). Содержание железа в этих кварцитах колеблется от 25 до 40—42% и в среднем равно 33—35%.

4. Богатые железом кварциты (или богатые железистые кварциты). Содержание железа колеблется от 40 до 45% и более и в среднем равно 39—42%).

Наиболее распространенным типом железистых кварцитов (тип 3) со средним содержанием железа, равном 33—35%, в бассейне являются обычные (кондиционные) кварциты. Весьма небольшое распространение в толще железистых кварцитов имеют безрудные и бедные кварциты. Богатые железом кварциты также не пользуются широким распространением. Повышенное содержание железа в этих кварцитах (тип. 4) обусловлено в них почти полным отсутствием совершенно безрудных кварцевых прослойков. Их место занимают силикатные прослойки (главным образом хлоритовые), которые содержат в своем составе много железа.

Для расчленения железистых кварцитов Курской магнитной аномалии на отдельные типы и разновидности по твердости, плотности (и кусковатости), пористости, удельному и объемному весу мы в настоящее время не располагаем достаточными данными.

Все выделенные минералогические типы и разновидности железистых кварцитов являются довольно плотными (пористость их весьма низкая — 2—3%), твердыми (при бурении и дроблении), но обладают несколько различными удельным и объемным весами, зависящими от минералогического состава кварцитов.

Кроме того, среди кварцитов выделяются некоторые разновидности, различающиеся между собой по твердости, точнее по сопротивлению удару. Одни из них при ударе молотком весьма трудно раскалываются, другие же сравнительно легко распадаются на отдельные плиты. Различное сопротивление удару зависит у различных кварцитов от их тонкослоистого сложения и от минералогического состава и структуры различных прослойков кварцитов. Если железистые кварциты сложены из прослойков магнетита и кварца, то они с большим трудом раскалываются. Но если отдельные прослойки кварцитов сложены из минералов, имеющих чешуйчатое сложение (хлорит, биотит, железный блеск, тальк), то они сравнительно легко при ударе молотком распадаются на отдельные плитки, отделяющиеся по слоистости породы.

Более подробные сведения о плотности, пористости, твердости, кусковатости, удельному и объемному весам железистых кварцитов должны быть собраны при дальнейшем изучении этих кварцитов.

Измененные, окисленные железистые кварциты представляют собой нижнюю зону коры выветривания этих кварцитов и с практической точки зрения они не очень отличаются от свежих железистых кварцитов, так как содержат почти такое же количество железа, как и свежие кварциты.

По многим другим признакам они также сходны со свежими железистыми кварцитами и потому особое их разделение на различные типы и разновидности не имеет смысла. Для них в основном характерны все те признаки, которыми обладают свежие кварциты. Среди этих измененных кварцитов можно лишь выделить: 1) более измененные и окисленные и частично дезинтегрированные и 2) менее измененные и окисленные. Первая разновидность этих кварцитов составляет верхнюю зону измененных кварцитов и постепенно к верху переходит в остаточные железные руды. Здесь в них наблюдается более полное окисление магнетита и переход его в мартит. Силикаты здесь также подвергаются более полному окислению, а кварц дезинтегрируется и переходит в маршалит (мучнистый кремнезем). Иногда в эти кварциты проникают сверху углекислые растворы, которые затем при взаимодействии с железом образуют сидерит.

Вторая разновидность этих измененных кварцитов также постепенно переходит книзу в свежие железистые кварциты. Здесь процессы окисления магнетита выражены значительно слабее. Он лишь частично переходит в мартит (фиг. 90). Силикаты также подвергаются лишь слабому окислению.

Вследствие окисления в описываемой зоне измененных кварцитов магнетита и переходе его в мартит (полностью — в верхней части этой зоны и частично — в нижней части зоны) ранее выделенные типы магнетитовых и магнетито-гематитовых (железнослюдковых) кварцитов в описываемой зоне следует вообще называть окисленными мартитовыми, мартито-железнослюдковыми и, в случае неполного окисления магнетита, полумартитовыми железистыми кварцитами.

Самая верхняя зона коры выветривания железистых кварцитов, как выше указывалось, представляет собой богатые остаточные железные руды и потому более подробная классификация этих руд будет дана ниже при их описании.

5. О генезисе железистых кварцитов КМА

В геологической литературе (советской и зарубежной) генезис железистых кварцитов до сих пор еще не получил достаточного и всестороннего освещения, хотя этот вопрос затрагивается в работах многих исследователей. Генезис железистых кварцитов Северной Америки (район Верхнего озера) затрагивается в работах Ван-Хайса, Лийса, Ланга, Мура, Майнарда и др. [33, 34, 36, 37], Южной Америки — в работе Лийса и Гарден [35], Южной Африки (район Нама — Трансвааль) — в работах Вагнера [38]. Условия образования железистых кварцитов Кривого Рога и КМА освещаются в работах П. П. Пятницкого [21], И. И. Танатара [29], Л. И. Мартыненко [16], А. Д. Архангельского [27], В. И. Лучицкого [28] и других исследователей.

Общие вопросы, касающиеся накопления железорудных осадков в докембрийских водных бассейнах, освещаются в работах Н. М. Страхова [25, 26], В. А. Обручева [18] и других исследователей.

Взгляды подавляющего большинства наших советских и зарубежных исследователей на генезис железистых кварцитов совпадают. Почти все эти исследователи считают, что железистые кварциты представляют собой сильно метаморфизованные нормальные железистые морские

осадки. Лишь некоторые отдельные исследователи высказывали иные взгляды на происхождение железистых кварцитов и вызываемых ими магнитных аномалий. Так, например, Лейст при исследовании курских магнитных аномалий, до вскрытия железистых кварцитов в этом районе буровыми скважинами, пытался объяснить магнитную напряженность этих аномалий сплошными массами магнетита, не давая особого генетического объяснения образованию этого магнетита. П. П. Лазарев, также до вскрытия буровыми скважинами железистых кварцитов, выдвинул гипотезу для объяснения высокой магнитной напряженности курских магнитных аномалий, о залегании на глубине 300—500 м чистого металлического железа или чистого магнетита с высокой магнитной проницаемостью. По его мнению, металлическое железо могло быть выделено из глубоких недр земли в виде «железного языка». Болдыревым также поддерживалась эта гипотеза. Для объяснения этой гипотезы он в 1923 г. поместил специальную статью в Горном журнале под названием «Самородное железо как причина Курской магнитной аномалии», в которой доказывал наличие в районе курских магнитных аномалий мощной до крайней степени базальтовой дайки или системы таких даек, с которыми могло быть привнесено из больших глубин металлическое железо, подобно месторождению самородного железа в Гренландии, хотя это месторождение, как теперь доказано, является уникальным и образовалось при восстановлении окислов железа до металлического железа при растворении углерода. Как было выяснено позже, ни в Кривом Роге, ни на КМА наличие базальтовых даек не было обнаружено, и гипотеза Болдырева не имела никакого фактического обоснования.

И. И. Танатар высказал в 1916 г. гипотезу относительно магматического происхождения железистых кварцитов Кривого Рога, а следовательно, кварцитов Курской магнитной аномалии. Эта гипотеза встретила резкие и вполне обоснованные возражения со стороны многих геологов, и в настоящее время она совершенно не имеет сторонников. П. П. Пятницкий [21], А. Д. Архангельский [27] в 1924 г. и В. И. Лучицкий [28] в 1926 г. подвергли эту гипотезу резкой критике. А. Д. Архангельский тогда писал, что «всякий геолог, изучающий условия залегания железистых кварцитов, не может не признать, что они представляют один из членов метаморфизованной свиты нормальных морских отложений докембрийской эры; попытки приписать им магматическое происхождение можно объяснить только каким-то странным недоразумением» [27].

В. И. Лучицкий подчеркивал, что «в осадочном происхождении рудоносных кварцитов не может быть сомнения и никаких признаков магматического происхождения их не имеется как для руд Курского района на основании исследования имевшегося материала по пройденным здесь скважинам, так и для Криворожского по совокупности всех имеющихся опубликованных до настоящего времени материалов и моих личных наблюдений; следовательно, отпадает мнение И. И. Танатара относительно магматического происхождения Криворожских кварцитов, залегающих среди типичных осадочных пород» [28].

А. Д. Архангельский [27] при изложении своих взглядов «о происхождении железистых кварцитов» указывал: «так как аналогичные им (железистым кварцитам.— *М. К.*) породы встречаются и в Северной Америке, и в Африке, и др., то вопрос этот имеет очень широкий и общий интерес». Таким образом, взгляд Архангельского и взгляды многих других исследователей на железистые кварциты, как на сильно метаморфизованные нормальные морские железистые осадки, должен распространяться на все месторождения железистых кварцитов земного шара, о которых мы упоминали выше. Эта точка зрения на генезис железистых

кварцитов, как на осадочно-метаморфизованные железистые породы, в настоящее время является общепризнанным среди геологов всех стран. Все геологи, изучающие железистые кварциты на территории нашей страны, а следовательно, и геологи Кривого Рога и Курской магнитной аномалии, придерживаются этой общепринятой точки зрения на генезис железистых кварцитов и в процессе изучения этих кварцитов получают все время новые и новые факты, которые подтверждают этот весьма правильный взгляд на генезис железистых кварцитов.

Переходя к изложению взгляда на генезис железистых кварцитов бассейна Курской магнитной аномалии, следует отметить, что для более полного и всестороннего освещения генезиса этих кварцитов необходимо разрешить следующие основные вопросы:

1) выяснить источник железа, кремнезема и других элементов, за счет которых формировались первичные железорудные осадки;

2) определить береговую линию докембрийского водного бассейна на КМА, в котором отлагались железистые осадки, превращенные впоследствии в железистые кварциты;

3) установить степень удаленности от берега и глубину отложения первичных железистых осадков;

4) выяснить возможный способ и форму переноса железа кремнезема и других элементов с континента (если источником всех элементов были породы континента) в бассейн и определить физико-химическую обстановку и форму (pH, eH, валентность, ассоциации элементов, анионов, катионов и пр.) миграции, коагуляции и осаждения элементов в водном бассейне;

5) наметить этапы диагенеза и метаморфизма железорудного осадка при превращении его в железистые кварциты и установить фазы минералообразования в этих кварцитах;

6) наметить стадии и установить степень и характер метасоматических процессов, которые происходили в железорудной толще Курской магнитной аномалии за период ее долгого существования;

7) выяснить происхождение слоистости (полосчатости) железистых кварцитов;

8) установить относительный возраст и количество фаз тектогенеза на КМА, в результате которых вся толща докембрийских метаморфических пород была смята в сложные и крупные складки;

9) определить продолжительность, характер и степень размыва толщи железистых кварцитов КМА.

Из содержания перечисленных вопросов видно, что одни из них могут быть в настоящее время решены лишь частично, а относительно других можно высказать только самые общие предположения. Поэтому в настоящее время задача генезиса железистых кварцитов КМА не может быть решена окончательно. По поводу генезиса этих кварцитов можно сказать утвердительно лишь то, что они являются сильно метаморфизованными нормальными морскими осадочными породами, которые отложились в докембрийском водном бассейне. Первичный осадок этих пород содержал большое количество железа и кварца, что и обусловило в процессе метаморфизма формирование из этих пород так называемых железистых кварцитов, которые, по существу, являются бедными железными рудами.

Что же касается перечисленных выше вопросов, которые должны быть решены для выяснения генезиса железистых кварцитов КМА, то мы попытаемся ответить на некоторые из них только в порядке предположений.

Относительно источника железа, кварца и других элементов, из которых формировались первичные железистые осадки в докембрийском

морском бассейне, превращенные позднее в железистые породы и затем в железистые кварциты, нельзя высказать какого-либо определенного суждения, так как для этого мы не располагаем фактическими данными. Так, для Криворожского железорудного бассейна П. П. Пятницкий, Н. И. Свитальский и другие исследователи считают, что источником железа для формирования железистых осадков, из которых позднее были образованы железистые кварциты, являлись богатые железом породы континента — диабазы и диориты, которые при разрушении и выщелачивании давали колоссальные массы железа и кремнезема, уносившиеся «углекислою водою» в водный бассейн, где затем и отлагались. В. И. Лучицкий [26] указывает, что и другие кристаллические породы (гнейсы, граниты, амфиболиты и др.) содержат также железо и потому могут при выветривании освобождать это железо, которое будет потом сноситься в водный бассейн и там осаждаться.

В районе Кривого Рога установлены докембрийские зеленокаменные породы, богатые железом. На территории КМА среди докембрийского комплекса установлены также более древние зеленокаменные породы (амфиболиты и др.), которые могли при выветривании освобождать железо для накопления его в водном бассейне. Кроме того, как справедливо указывает В. И. Лучицкий, железо могло накопляться в большом количестве и при выветривании на больших площадях даже и бедных железом пород, а затем постепенно концентрироваться в водном бассейне. Поэтому для железорудного бассейна Курской магнитной аномалии, как и для Криворожского бассейна, следует считать источником железа кору выветривания различных кристаллических пород, которые слагали в то время сушу.

Однако, по нашему мнению, не следует считать источником железа для образования железистых кварцитов те кристаллические горные породы, которые хотя и являются по возрасту более древними, чем железистые кварциты, но залегают непосредственно под толщей железистых кварцитов или располагаются поблизости от этих кварцитов. Эти породы не могли быть источником железа для формирования железистых кварцитов потому, что они в момент отложения этих кварцитов (точнее — железистых осадков, из которых позднее были образованы железистые кварциты) находились под водой. Большое количество железа, необходимого для формирования мощных осадочных железорудных докембрийских толщ (железистых кварцитов), занимающих огромные пространства, поступало в водные бассейны с больших площадей континента и отлагалось вдали от берегов и в глубоководных частях этих бассейнов. Поэтому, пожалуй, и не следует искать источники железа для железистых кварцитов в непосредственной близости от этих кварцитов.

Н. М. Страхов допускает мысль даже о том, что дополнительным источником железа для формирования осадочных докембрийских железорудных пород (железистых кварцитов) могли быть и насыщенные железом гидротермы (гейзеры), которые проявлялись тогда в связи с древнейшей вулканической деятельностью. Кроме того, он указывает также и на другой источник железа для докембрийских толщ. Он пишет, что очень интересна «прежде всего история эффузивно-осадочных руд. Среди докембрийских джеспиллитов руды этого типа были, как мы знаем, довольно распространены» [23].

Упомянутый нами выше обширный «Русский железорудный бассейн», очевидно, включал в себя как отдельные участки Криворожский железорудный бассейн и бассейн Курской магнитной аномалии. Источник железа и кремнезема для этих бассейнов был, повидимому, общим. Эти элементы приносились в бассейн с континента и за большой геологиче-

ский промежуток времени их накопилось здесь очень много. Огромные количества железа в древних докембрийских водных бассейнах накоплялись также и в других районах земного шара (Южная Африка и Северная Америка). В. А. Обручев [18] объясняет такое громадное скопление железа в докембрийских бассейнах своеобразными и весьма благоприятными условиями выветривания докембрийских континентов. Он пишет, что «обширное распространение и значительные площади, занимаемые отдельными месторождениями железа осадочного генезиса в докембрийских системах, объясняются легко, если вспомнить, что в те времена на суше не было органической жизни и суша представляла абсолютную пустыню, поверхность которой подвергалась интенсивному механическому и химическому выветриванию, продукты которого сносились водами суши в соседние моря. Среди этих продуктов соли железа и кремнезема должны были занимать главное место, так как на поверхности суши выступали повсюду кристаллические сланцы и гнейсы архейских свит и обширнейшие эффузии основных пород этих периодов, особенно богатые железом. Все эти породы содержат железо в виде магнетита, ильменита и гематита и в виде разных силикатов, в общем в гораздо большем количестве, чем осадочные породы, которые в последующие геологические периоды участвовали во все большей и большей степени в составе земной поверхности. Поэтому архейская и альгонская эры, отличавшиеся также сильнейшими дислокациями, эффузиями и интрузиями, представляли наиболее благоприятные условия для образования обширных отложений железных руд осадочного генезиса в мелких морях, прилегающих к суше».

Н. М. Страхов, не возражая против предположений В. А. Обручева относительно интенсивности процесса осадочного железонакопления в докембрийскую эру, дополняет эти предположения тем, «что быть может еще более значительную роль в интенсификации рудного железонакопления в докембрии играло повышенное содержание CO_2 в тогдашней атмосфере, что усиливало все процессы выветривания и миграций элементов, а также несравненно более широкое развитие в докембрийские эпохи геосинклинальных зон за счет меньшего размера тогдашних платформ, что создавало наивыгоднейшие для железорудного процесса условия дренажа и транспортировки растворов Fe».

П. П. Пятницкий [21], имея в виду весьма широкое распространение на земном шаре докембрийских железистых кварцитов, допускал даже мысль о том, что железистые породы в докембрии покрывали собой как панцырем почти всю Землю. Правда, эта гипотеза не получила поддержки со стороны геологов, однако почти все геологи, которым приходилось заниматься изучением докембрийских осадочно-метаморфических железных руд, признают огромнейшие масштабы процесса докембрийского осадочного железонакопления на всем земном шаре.

Поэтому процесс осадочного накопления железа в докембрии в бассейне КМА следует рассматривать как часть общего и регионального процесса, проявившегося в докембрии на обширной территории Русской платформы с ее Скандинавским и Азовско-Подольским щитами.

Выше нами были указаны примерные (ориентировочные) границы железорудного бассейна КМА. Но проведение этих границ было основано на распространении магнитных аномалий на территории бассейна. Однако для установления более точных границ водного бассейна КМА необходимо определить его береговую линию. Но точное определение этой береговой линии в настоящее время сделать невозможно, так как вся территория этого древнего бассейна покрыта палеозойскими и мезокайнозойскими рыхлыми осадками. Кристаллические породы докембрия

нигде в районе на дневную поверхность не выходят и о их распространении и составе можно судить лишь по кернам буровых скважин, которых пока далеко не достаточно для решения поставленной задачи. Все породы докембрия (различные кристаллические сланцы, железистые кварциты, гнейсы и т. п.), взятые в различных пунктах бассейна, не проявляют каких-либо особенных признаков фациальных изменений, чтобы по ним можно было хотя бы приблизительно наметить береговую линию бассейна в каком-нибудь пункте.

Возможно, что в дальнейшем эта береговая линия и будет установлена, но в настоящее время для этого нет никаких фактических данных.

Сейчас можно сделать лишь предположение о восточной береговой линии бассейна КМА. Восточнее ст. Валуйки и Старого Оскола, в 20—50 км от них, проявляются самые восточные в бассейне магнитные аномалии (Висловская, Шаталовская, Тихососенская, Волотовская и др.). Далее на восток от этих пунктов, до Урюпинска и Сталинграда, магнитных аномалий, вызываемых обычно в бассейне Курской магнитной аномалии залежами железистых кварцитов, не обнаружено. Поэтому следует предполагать, что на каком-то расстоянии к востоку от этих аномалий должна проходить береговая линия докембрийского железорудного бассейна КМА, так как к востоку от этих аномалий буровые скважины, пройденные в разное время и с различной целью, железистых кварцитов не обнаружили, а врезались лишь в безрудные кристаллические породы докембрия. Эта предполагаемая восточная береговая линия должна на севере проходить значительно восточнее городов Малоархангельска и Орла. По направлению на юг эта линия должна проходить также значительно восточнее ст. Валуек.

На юге же береговая линия бассейна Курской магнитной аномалии предположительно должна проходить значительно южнее широты Харькова.

На севере и западе береговую линию бассейна КМА провести даже ориентировочно невозможно, так как в этих двух направлениях за пределами магнитных аномалий КМА появляются другие магнитные аномалии, относящиеся, повидимому, к белорусским и криворожским аномалиям. В указанных направлениях бассейн КМА, повидимому, не имел берегов, а соединялся с Криворожским и Белорусским бассейнами, которые в совокупности с другими подобными бассейнами представляли упомянутый выше единый огромный докембрийский «Русский железорудный бассейн».

Для выяснения генезиса докембрийских осадочных железных руд, которые позднее были превращены в процессе регионального метаморфизма в железистые кварциты, весьма важным является также установление фациальной природы первичных железорудных осадков.

Для подобных докембрийских железистых кварцитов Южной Африки Вагнер [38] высказал мысль о том, что железистые осадки, давшие начало железистым кварцитам, относятся к глубоководным морским образованиям. Н. М. Страхов [23], соглашаясь с заключением Вагнера, пишет по этому поводу, «что перед нами отложения (железистые кварциты.— *М. К.*) гораздо более удаленных и глубоководных зон моря, нижней части шельфа, может быть, даже начала континентального склона». Кроме того, он указывает, что для месторождений железистых кварцитов Северной Америки, Южной Америки, Кривого Рога, Индии, Манчжурии «характерна тонкополосчатая текстура руд и полное отсутствие уловимого кластического материала, причем не только в виде псаммитовых зерен, но и в виде тонкодисперсных пелитовых частиц, почему

все эти руды уже давно и прочно рассматриваются как чисто химические образования» [25].

Далее Н. М. Страхов пишет: «В общем, толкование железистых кварцитов как осадков, относительно удаленных от берега и глубоководных, не только не противоречит их петрографическим особенностям и фациальному парагенезису, но прямо вытекает из этих признаков» [25].

В другой своей работе Н. М. Страхов [26] пишет, что «докембрийские руды (железные.— *М. К.*) не похожи ни на один из этих (озерных, болотных, прибрежных.— *М. К.*) типов. Они относятся к категории обогащенных железом джеспиллитов и представляют фацию относительно глубоких и далеких от берега частей моря».

Железистые кварциты КМА также представляют собой глубоководные и хемогенные осадки, так как среди этих кварцитов при микроскопических исследованиях в большинстве случаев не было обнаружено никакого кластического материала.

Магнетит, гематит (железный блеск), кварц, различные силикаты и сульфиды (пирит, пирротин, реже халькопирит), входящие в состав железистых кварцитов, всегда имеют зернистое (кристаллическое) строение. Чаще всего зерна этих минералов обладают небольшими размерами (от 0,01 до 0,06, редко до 0,1—0,2 мм). Но иногда среди мелкозернистых агрегатов выделяются более крупные зерна некоторых минералов (магнетита, железного блеска, кварца и др.). Нередко отдельные зерна минералов имеют идиоморфные очертания. Но в подавляющем большинстве случаев зернистое (кристаллическое) строение различных минералов, слагающих железистые кварциты, обусловлено ростом кристаллов (зерен) на месте из первичных хемогенных, коллоидных осадков при метаморфизме и перекристаллизации всей толщи железистых кварцитов. Каких-либо кластических (обломочных) зерен (окатанных и неокатанных) кварца, магнетита, гематита, силикатов и других минералов среди железистых кварцитов в большинстве случаев не было обнаружено. Отсутствие таких зерен свидетельствует о том, что железистые кварциты были образованы из хемогенных осадков железа и кремнезема. Однако следует отметить, что толща железистых кварцитов КМА состоит не только из хемогенных осадков. В пределах этой толщи иногда встречаются прослои железистых кварцитов с обломочными зернами кварца (Коробковский участок). Среди некоторых прослоев безрудных кристаллических сланцев, залегающих в толще железистых кварцитов, также обнаружены обломочные зерна кварца. Правда, зерна эти имеют небольшие размеры (от 0,08 до 0,1—0,2 мм), но их обломочное происхождение не вызывает никаких сомнений. Эти зерна нередко обладают хорошей окатанностью, и другие чешуйчатые минералы (силикаты) сланцев обычно огибают эти обломочные зерна кварца, нарушая тем самым свое линейное расположение. В слоях самих же железистых кварцитов таких обломочных (кластических) зерен не обнаружено. Наличие обломочных зерен кварца среди прослоев кристаллических сланцев, залегающих в толще железистых кварцитов, которые являются хемогенными и глубоководными образованиями, свидетельствует о том, что эти сланцы, в отличие от железистых кварцитов, образовались в более мелководных участках водного бассейна и на незначительном удалении от берега, куда мог приноситься с континента и тонкообломочный (кластический) материал. Поэтому можно предполагать, что в процессе формирования в докембрийском водном бассейне толщи железорудных осадков периодически происходило обмеление этого бассейна, обусловленное, по-видимому, поднятием морского дна вследствие эпейрогенических (вековых) колебаний. При этих поднятиях перемещалась береговая линия

бассейна и ранее глубоководные участки моря приближались к берегу и становились мелководными. В эти участки с континента приносился хемогенный и кластический материал, который по своему химическому составу резко отличался от того преимущественно железистого материала, из которого впоследствии были сформированы железистые кварциты.

Этот хемогенный и тонкообломочный материал, который приносился и отлагался в более мелководных участках бассейна, обладал сложным химическим составом, но содержал мало железа и из него впоследствии были образованы кристаллические сланцы. Такой химический состав указанного материала, сильно обедненного железом, был, повидимому, обусловлен теми исходными продуктами выветривания горных пород, которые сносились в водный бассейн.

Залегание среди толщи железистых кварцитов не одного, а нескольких прослойков кристаллических сланцев (от 0,4—0,5 до 1—2 м и более мощности) указывает на неоднократное поднятие и погружение морского дна, что и обусловливало изменение палеогеографической и физико-химической обстановки накопления осадков в водном бассейне и в результате этого изменения образовывались то сильножелезистые (железистые кварциты), то маложелезистые силикатные (кристаллические сланцы) породы.

Источником всех тех элементов, которые пошли на образование железистых кварцитов, и особенно первоисточником железа и кремнезема, как было уже сказано, являлись главным образом рыхлые продукты железистой и кремнистой коры выветривания различных кристаллических пород и особенно, по мнению В. А. Обручева [18], основных богатых железом эффузивных пород. Здесь мы считаем необходимым обратить особое внимание на тот общеизвестный факт, что при выветривании всех горных пород (богатых или весьма бедных железом) в условиях земной поверхности всегда происходит концентрация железа в самой верхней зоне выветривания. Эта верхняя зона коры выветривания любых горных пород во всех климатических поясах всегда бывает обогащена железом. Нередко железо концентрируется до промышленных пределов. Концентрация железа в верхних зонах коры выветривания при выветривании всех горных пород обусловливается тем, что соединения железа (в виде окислов и гидроокислов) в условиях земной поверхности являются довольно устойчивыми и малоподвижными.

Железо (в форме окислов и гидроокислов), как это отмечается многими исследователями, из всех элементов Менделеевской системы является, пожалуй, одним из самых устойчивых на земной поверхности элементом. Поэтому везде на земном шаре, где только происходит выветривание горных пород, на их поверхности наблюдается покрасневшая, побуревшая или пожелтевшая обогащенная железом корка, имеющая различную мощность, зависящую от продолжительности выветривания пород и от содержания железа в выветривающихся породах.

Таким образом, железо при выветривании горных пород обычно не мигрирует в более глубокие горизонты, а остается на поверхности этих пород. Поэтому при эрозионных процессах обогащенная железом верхняя зона коры выветривания горных пород в первую очередь подвергается размыву, и железистые соединения (минералы) в виде обломочных зерен и коллоидных и истинных (химических) растворов выносятся в водные бассейны (или безводные аккумулятивные впадины), где осаждаются и из них формируются пласты и залежи осадочных железорудных месторождений.

В отличие от железа, кремнезем в условиях земной поверхности является мало устойчивым элементом. Он может растворяться в чистой

воде. Но если эта вода имеет слабощелочной характер, то растворение кремнезема в такой воде происходит довольно интенсивно. Коллоидные и истинные растворы кремнезема, попадая в морской бассейн, довольно долгое время могут находиться в растворенном и взвешенном состоянии и потому могут переноситься на довольно значительное расстояние от берега.

Осаждение железа, кремнезема и других элементов, которые приносились в докембрийский водный бассейн с континента и из которых были сформированы железистые кварциты, происходило на значительном расстоянии от берега и в глубоководных частях бассейна. Все эти элементы переносились в водный бассейн с континента при помощи различных водных потоков (рек, речек, ручьев, весенних и дождевых потоков и грунтовых вод) в виде механических обломков (различной величины), коллоидов и истинных химических растворов. Но не весь этот кластический и химический материал, поступавший с континента в водный бассейн, шел на формирование глубоководных железистых осадков, давших начало железистым кварцитам. Грубообломочный (кластический) материал отлагался у самого берега бассейна, тонкозернистый и тонкоотмученный материал отлагался в удалении от берега, в фациальной зоне песков и глин, и лишь химические и коллоидные растворы железа, кремнезема и других элементов могли уноситься на значительное расстояние от берега и затем при соответствующих физико-химических условиях коагулироваться (свертываться) и выпадать на дно в виде осадка в глубоководных участках моря.

Из этих-то химических и коллоидных растворов железа, кремнезема и отчасти других элементов, которые мигрировали далеко от берега, коагулировались и оседали на дно глубоководных участков моря, и были образованы железистые осадки, превратившиеся позднее в железистые кварциты.

Однако, считая железистые кварциты КМА глубоководными и значительно удаленными от берега осадками, мы вступаем в противоречие с фактами, относящимися к распределению осадочных железорудных месторождений палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста.

Все осадочные железные руды палеозойского и мезозойского возраста располагаются в непосредственной близости от берегов водных бассейнов и являются осадками мелководного типа. На это противоречие, наблюдаемое в локализации докембрийских и более поздних (по возрасту) осадочных железных руд, обращали внимание многие исследователи. Однако путь к разрешению этого противоречия весьма удачно наметил Н. М. Страхов [25]. Он при этом воспользовался предположением Дэли о том, что соленость мирового океана не была в истории Земли величиной постоянной и она под влиянием процессов выветривания на континентах медленно и неуклонно возрастала. Древнейшие (архейские и альгонские) океаны, вероятно, были не похожи на современные и их вода была пресной или слабо солоноватой. Разница в содержании электролитов между пресными континентальными водами и солеными морскими, столь резкая и характерная для современного геологического момента, в те древнейшие времена еще не существовала. Это обстоятельство и послужило первой причиной аномального поведения железа в архее и альгонке. Н. М. Страхов [25] по этому поводу пишет: «Не встречая при впадении в море столь резко выраженного коагулирующего действия электролитов, как это имеет место теперь, коллоидальные растворы железистых соединений могли, естественно, гораздо далее отходить от побережья и достигать не только верхней части шельфа, но и нижней части его и уноситься в больших массах дальше в от-

крытое море, где под влиянием электролитов они, конечно, все же, наконец, выпадали в осадок». К этому он еще добавляет то, что моря докембрийской эры были гораздо сильнее насыщены CO_2 [9], чем современные, и pH их, вероятно, не достигало таких больших значений, как сейчас, а следовательно, разница в активной реакции (pH) между поверхностными континентальными водами и подщелоченными морскими также не чувствовалась резко, как теперь. Это обстоятельство, по его мнению, могло, очевидно, усиливать аномальный эффект, который создавало отсутствие резко выраженной засоленности океанических вод и приводило «к тому, что в глубоком архее и даже еще в альгонке железо выпадало из коллоидальных растворов не непосредственно в прибрежной зоне, а лишь в относительном удалении от берега в пелагических и глубоководных частях бассейна». Здесь оно оседало вперемежку с кремнеземом, и эти хемогенные продукты образовывали железистые тонкослоистые илы.

Далее Н. М. Страхов пишет: «С течением времени, однако, соленость океанов возрастала, и вместе с тем все менее благоприятной для далеких миграций становилась в них физико-химическая обстановка. Подвергаясь все усиливающемуся коагулирующему действию электролитов, железо стало оседать все ближе к побережью, а железорудные месторождения все более приобретали характер прибрежных, пока, наконец, не стали осадками исключительно мелководного типа... В верхнем альгонке и в нижнем палеозое на смену исключительно «пелагическим» рудным месторождениям типа джеспилитов приходит промежуточная ситуация, когда руды (в разных морях) возникают и в пелагической и в прибрежной областях (оолитовые руды). А затем в результате продолжающегося осолонения бассейна и уменьшения CO_2 в атмосфере полосчатые железняки окончательно исчезают, и рудное железонакопление сосредоточивается исключительно в прибрежной зоне — в заливах, бухтах, лагунах, верхней мелководной части шельфа. Это перемещение рудоотложения из одной фациальной области моря в другую, естественно, привело к полной перемене и во внешних петрографических свойствах руд и в их фациальном парагенезисе, отчасти даже в химических особенностях руд. Перемещаясь в прибрежную зону, железо все больше «отрывается» от SiO_2, потому что кремнекислота, как очень мало чувствительная к действию электролитов, продолжает попрежнему далеко уноситься в море. Характерное для докембрия сочетание химически осажденного Fe_2O_3 с химически осажденной SiO_2 исчезает».

Принесенные в водный бассейн истинные и коллоидные растворы железа, кремнезема и других элементов коагулировали и выпадали в осадок. Вначале этот осадок представлял собой гелеобразную массу, но затем в процессе диагенеза уплотнялся и затвердевал. В период диагенетического изменения этого осадка, при его уплотнении и затвердении, уже начали формироваться различные минералы (гидроокислы железа, гидраты кремнезема, магния, кальция и др.). Но затем, когда толща этих железистых осадков подверглась региональному и контактовому метаморфизму, произошло окончательное формирование и кристаллизация всех минералов, слагающих в настоящее время толщу железистых кварцитов.

Вопрос о характере той морской среды, в которой выпадали и начинали формироваться различные минералы, остается неразрешенным. Была ли эта среда щелочной или кислой, восстановительной или окислительной — все это остается невыясненным, да, пожалуй, вообще невозможно для Курской магнитной аномалии выяснить это, так как о характере среды, в которой отлагались те или другие минералы в прошлом,

судят обычно по характеру этих минералов. Но для бассейна КМА и эта единственная возможность исключена потому, что докембрийские осадки подверглись интенсивному метаморфизму и от всех первичных минералов ничего по существу не осталось, так как вместо них возникли совершенно новые минеральные виды.

Весьма важно было бы выяснить, в какой форме выпадало железо (в закисной, окисной или бикарбонатной). Но вследствие глубокого метаморфизма толщи нельзя, например, установить, был ли сидерит как первичный минерал в этой железорудной толще или нет?

Правда, на некоторых участках КМА сидерит встречается среди пород, располагающихся на контакте между железистыми кварцитами и кристаллическими сланцами, но в самой толще железистых кварцитов сидерит встречается редко и имеет, повидимому, здесь вторичное происхождение. Этот минерал, возможно, и мог присутствовать первоначально в железистых кварцитах, но он, повидимому, был упразднен в процессе метаморфизма. Вагнер [38] указывает на наличие сидерита, который, наряду с магнетитом и железным блеском, присутствует в составе толщи железистых кварцитов Южной Африки. Неясен также вопрос о форме выпадения кремнезема, глинозема, кальция, магния, марганца, серы, фосфора, натрия, калия и других элементов. Выпадали ли они в виде окислов или их гидратов, обособленных или комплексных ионов нескольких элементов? Слоистость железистых кварцитов КМА была обусловлена неодновременным выпадением железа и кремнезема (а в некоторых случаях смеси различных окислов) при осаждении их в водном бассейне. В период метаморфизма толщи железистых кварцитов эта слоистость не была нарушена, а перекристаллизация и наибольшее уплотнение железистых, кварцевых и силикатных прослойков при этом метаморфизме привели лишь к тому, что слоистость кварцитов (точнее — полосчатость) стала еще устойчивей и более резко выраженной и отчетливой.

Трудно себе представить образование слоистости железистых и кварцевых прослойков на некоторых месторождениях кварцитов (в Южной Африке толщина прослойков достигает 12 см, в Тувинской области — от 1 до 8 см, фиг. 26—29) таким путем, как это предполагают Мур и Мейнард [37]. Они объясняют образование слоистости в железистых кварцитах разновременной коагуляцией и выпадением смешанных коллоидальных растворов кремнезема и окиси железа. Такой механизм образования слоистости в железистых кварцитах вряд ли может объяснить формирование довольно мощных (от 8 до 12 см) прослойков окислов железа и кварца. Ведь не могут же коагулирующие раньше окислы железа или кремнезем выпадать в осадок, а окислы, находящиеся в растворе, как бы «ожидать» своей очереди для коагуляции и осаждения. Образование прослойков (кремнезема и железа) и особенно более мощных прослойков шло, повидимому, в процессе осаждения, когда осаждались в разное время различные по составу прослойки вследствие того, что растворы периодически были богаты то железом, то кремнеземом (что зависело от неодновременного поступления этих элементов с континента).

Толща железистых осадков Курской магнитной аномалии после ее отложения в докембрийском водном бассейне претерпевала диагенетические изменения, при которых происходило уплотнение рыхлых железистых осадков и формирование различных минералов. Но позднее эта толща подверглась интенсивному метаморфизму. При этом метаморфизме в толще железистых кварцитов проявлялись и метасоматические процессы, в результате которых были образованы совершенно новые минералы в этой толще.

Д. С. Коржинский выделяет несколько стадий метасоматических процессов, проявлявшихся в толще железистых кварцитов. По его мнению, в этой толще проявились стадии: 1) железистого метасоматоза (с подразделениями на две разновидности метасоматоза: щелочной — с повышенной щелочностью и нормальной — с обычной щелочностью), 2) магнезиального метасоматоза (с образованием куммингтонита) и 3) щелочного метасоматоза (главным образом натриевого).

Тектонические процессы, проявляющиеся на КМА, повидимому, не в одну фазу тектогенеза, привели к смятию толщи железистых кварцитов и вмещающих их кристаллических сланцев в сложные и крутые складки и преобразовали всю территорию КМА, вместе с прилегающими к ней регионами, в горную страну. Затем эта горная страна подверглась эрозионным процессам, которые действовали весьма продолжительный период (повидимому, от протерозоя до среднего девона).

В результате этих эрозионных процессов была смыта значительная часть гор, а следовательно, и железистых кварцитов, которые участвовали в строении этих гор, а вся местность была пенепленизирована. Затем на пенепленизированной поверхности района процессы размыва и сноса уступили место процессам физического и химического выветривания. В результате этого выветривания на всей территории КМА на докембрийских кристаллических породах (сланцах и кварцитах) образовалась мощная кора выветривания.

На кристаллических сланцах докембрия образовался глинистый элювиальный чехол, а на железистых кварцитах образовались богатые элювиальные (остаточные) железные руды в основном гематитового (мартитового) состава. Эти руды в настоящее время являются объектом детальной разведки и подготовки их к промышленной эксплуатации.

В заключение необходимо отметить, что мы изложили в этом разделе лишь далеко не полную и даже не совсем последовательную схему генезиса железистых кварцитов КМА. Дальнейшие же исследования в этом направлении должны привести к сбору многих геологических, минералогических, геохимических и других фактов, необходимых для решения перечисленных в начале настоящего раздела генетических вопросов, и к более подробному и всестороннему освещению генезиса железистых кварцитов железорудного бассейна Курской магнитной аномалии.

6. О геологических запасах железистых кварцитов бассейна КМА

Железистые кварциты на обширной территории Курской магнитной аномалии имеют широкое распространение. Эти кварциты в настоящее время на КМА и в Кривом Роге уже добываются и используются в черной металлургии (после предварительного обогащения) для выплавки чугуна и стали. Ведется подготовка к добыче железистых кварцитов на Кольском полуострове и на Дальнем Востоке. Таким образом, железистые кварциты при современном уровне развития горнометаллургической техники из категории горных пород докембрия вообще, которые долгое время рассматривались как обычная геологическая формация древних метаморфических пород (правда, железистых), по существу уже переведены в категорию железных руд (хотя и бедных). Поэтому в тех районах, где железистые кварциты открываются вновь при геологической съемке, геологи должны обращать на них особое внимание и описывать их не как обычно горную породу, а как железную руду, отбирать бороздовые или штуфные пробы этих кварцитов и анализировать их на железо, серу, фосфор, закись железа и другие компоненты. Химические анализы

установят содержание железа и вредных примесей (серы и фосфора) в этих кварцитах и дадут возможность сделать заключение об их практической ценности. При полевых наблюдениях очень важно также установить масштабы распространения железистых кварцитов и хотя бы весьма ориентировочно определить их геологические запасы.

В бассейне КМА многие рудные участки, сложенные железистыми кварцитами и богатыми железными рудами, в настоящее время разведываются с целью ввода их в эксплуатацию.

На Коробковском, Лебединском, Салтыковском и других рудных участках уже разведаны, подсчитаны и утверждены запасы железистых кварцитов по категориям В, C_1 и C_2 в количестве около 2 млрд. т. По этим же и другим (Веретенинском, Тимском) рудным участкам разведаны также и подсчитаны запасы богатых железных руд в количестве нескольких сот миллионов тонн. Железистые кварциты Коробковского рудного участка уже эксплуатируются, но богатые железные руды на КМА пока не добываются. В настоящее время ведется подготовка к добыче открытым способом богатых железных руд на Лебединском участке. Намечается также значительное расширение добычи железистых кварцитов КМА с доведением ее до 15 млн. т в год. Развитие добычи железистых кварцитов и богатых железных руд в бассейне КМА в дальнейшем должно идти во все возрастающих масштабах, так как железорудным сырьем (кварцитами и богатыми железными рудами) этого бассейна должны снабжаться не только действующие металлургические заводы Центра (Липецкий и Тульский), но и вновь создаваемые заводы в районах КМА, которые, несомненно, должны возникнуть на базе колоссальных железорудных ресурсов этого бассейна.

Выше мы привели весьма внушительную цифру (2 млрд. т) разведанных запасов железистых кварцитов на КМА, но эта цифра не может идти ни в какое сравнение с теми цифрами, которыми определяются геологические запасы этих кварцитов всего железорудного бассейна КМА.

При изучении Курской магнитной аномалии академик И. М. Губкин произвел подсчет запасов железистых кварцитов этого бассейна. В результате этого подсчета он определил запасы в 250 млрд. т. Эта цифра запасов была принята, правда, с некоторым уменьшением (до 235 млрд. т) и помещена Министерством геологии и охраны недр СССР в официальную сводку балансов запасов железных руд СССР.

И. А. Русинович в 1949 г., учитывая новые геофизические данные по распространению магнитных аномалий в пределах Курской магнитной аномалии, произвел новый подсчет геологических запасов железистых кварцитов КМА. Его подсчеты дали цифру запасов кварцитов в 600 млрд. т. В Большой советской энциклопедии (второе издание, том 24) указывается на то, что запасы железистых кварцитов КМА огромны и превышают 200 млрд. т.

Произведенные нами в 1953 г. подсчеты геологических запасов железистых кварцитов по всему железорудному бассейну КМА, с учетом всех последних геофизических и геологоразведочных данных по этому бассейну, дали колоссальную цифру запасов кварцитов, превышающую в несколько раз цифру, полученную И. А. Русиновичем. При подсчете геологических запасов железистых кварцитов КМА мы исходили из следующих основных положений.

Запасы железистых кварцитов подсчитываются для той площади бассейна КМА, которая является геофизически наиболее изученной и на которой выявлено наибольшее количество магнитных аномалий. Кроме того, на этой площади в разных пунктах пройдено довольно много буровых скважин. Для этой цели нами была взята не вся та большая пло-

щадь, которая была указана выше (от Волчанска Харьковской области до Барятино Калужской области). Наиболее точные границы той площади бассейна КМА, которая входит в подсчет запасов кварцитов, определены нами на карте «Геофизическая изученность бассейна КМА» (масштаб 1 : 1 000 000), составленной Обоянской геофизической экспедицией и приложенной к работе Н. Г. Шмидта «Геофизические исследования на КМА и их результаты». Эти границы определяются следующими опорными широтными и меридиональными линиями: 1) на севере (бассейна) — широтной линией, проходящей в 5 км к северу от населенного пункта Знаменское (Орловской области); 2) на юге — широтной линией, которая проходит в 10 км южнее Волчанска; 3) на западе — меридиональной линией, проходящей в 25 км к западу от Рыльска, и 4) на востоке — меридиональной линией, проходящей в 65 км к востоку от Нового Оскола.

В пределах указанных границ длина бассейна КМА в меридиональном направлении 350 км, ширина бассейна (в широтном направлении) 310 км, общая площадь бассейна 108 500 км^2. В пределах этой площади бассейна были произведены замеры площадей магнитных аномалий, нанесенных на ту же карту (Н. Г. Шмидта) геофизической изученности КМА. Замеренная суммарная площадь всех магнитных аномалий бассейна составляет около 12 000 км^2. Коэффициент рудоносности площади КМА равен 10%. Для этого бассейна хорошо известно, что магнитные аномалии обусловлены в большинстве случаев наличием железистых кварцитов (залегающих под плащом палеозойских и мезо-кайнозойских осадочных пород). Однако не все магнитные аномалии обусловлены на КМА залежами железистых кварцитов. Небольшая часть этих аномалий, как показали данные бурения, обусловлена также основными породами (амфиболитами и др.). Поэтому не все площади магнитных аномалий следует рассматривать как площади распространения железистых кварцитов.

Небольшую часть площади магнитных аномалий — около 2000 км^2 — из подсчета следует исключить, так как эта площадь аномалии могла быть обусловлена не залежами железистых кварцитов, а залежами основных пород. Для подсчета геологических (перспективных) запасов железистых кварцитов всего бассейна КМА (в пределах указанных границ) принимаем площадь в 10 000 км^2. Общую глубину распространения железистых кварцитов в пределах всех магнитных аномалий определяем для подсчета в 300 м. Эта цифра почти равна средней мощности толщи железистых кварцитов, распространенных на территории всего бассейна КМА. Объемный вес для железистых кварцитов КМА при подсчете разведанных запасов по промышленным категориям принимался более 3. Для определения геологических запасов железистых кварцитов КМА мы принимаем наименьший объемный вес, равный 3.

При таких исходных данных для подсчета (площадь подсчета — 10 000 км^2, глубина распространения — 300 м и объемный вес — 3) запасы железистых кварцитов бассейна КМА будут исчисляться в 9000 млрд. т.

Надежность принятой нами глубины распространения кварцитов на 300 м подтверждается тем, что на некоторых рудных участках (Коробковском) в настоящее время отдельными буровыми скважинами железистые кварциты прослежены по падению на глубину более чем 600 м. При изучении структур рудных полей (железистых кварцитов) отдельных разведываемых рудных участков геологи, изучающие Курскую магнитную аномалию (А. А. Прозоровский и др.), определяют возможную глубину распространения толщи железистых кварцитов на 1300 м и более.

Поэтому принятая нами при подсчетах запасов глубина распространения железистых кварцитов, равная 300 м, является минимальной и вполне обоснованной. Глубину распространения железистых кварцитов на КМА при подсчетах запасов мы можем принимать до 600—1200 м (на такой глубине в Кривом Роге буровыми скважинами подсечены железистые кварциты и богатые железные руды). В таком случае приведенная нами колоссальная цифра запасов этих кварцитов будет значительно увеличена.

Если мы обратимся с целью сравнения к другим большим докембрийским железорудным бассейнам земного шара, то мы должны будем констатировать, что ни один из известных до сих пор железорудных бассейнов мира не обладает такой колоссальной (по существу астрономической) цифрой запасов железистых кварцитов (в 900 млрд. т), которая установлена нами для железорудного бассейна КМА.

Геологические запасы железистых кварцитов района Верхнего озера в Северной Америке ранее определялись цифрой в 250 млрд. т, позднее эта цифра была доведена до 280 млрд. т. В Южной Америке, в Индии и в Маньчжурии запасы этих кварцитов измеряются только первыми десятками миллиардов тонн (10, 15 и 25 млрд. т). Лишь для Южно-Африканского железорудного бассейна (Нама-Трансвааль) Вагнер [38] определяет геологические запасы железистых кварцитов в 2500 млрд. т. Только один этот Южно-Африканский железорудный бассейн по своим огромным запасам железистых кварцитов и может быть в какой-то мере сопоставим с громаднейшим железорудным бассейном КМА.

БОГАТЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ КМА

Проблема поисков и разведки богатых железных руд на территории Советского Союза является в настоящее время весьма актуальной. В директивах XIX съезда нашей партии по пятому пятилетнему плану уделяется особое внимание разведке богатых железных руд. Как известно, железистые кварциты КМА представляют собой бедные железные руды и для использования их в металлургии требуются предварительные дорогостоящие обогащение и агломерация. Богатые же руды, известные на многих рудных участках КМА, могут пойти в плавку без обогащения, так как содержание железа в них колеблется от 48 до 69%.

В пределах этого весьма обширного железорудного бассейна, обладающего колоссальными запасами железистых кварцитов, судя по последним геологоразведочным данным и по аналогии с Кривым Рогом и Кременчугом, можно надеяться на открытие больших промышленных залежей богатых железных руд, не только залегающих под толщей осадочных водообильных пород, но и находящихся в благоприятных для эксплуатации условиях.

Богатые руды на КМА представлены тремя основными генетическими типами: осадочными (переотложенными), остаточными (элювиальными) и гипогенными (контактово-метасоматическими и гидротермальными) рудами.

Осадочные (переотложенные) руды образовались главным образом за счет переотложения в водных бассейнах (девонского, каменноугольного и юрского возраста) продуктов размыва остаточных железных руд.

Остаточные (элювиальные) руды представляют собой кору выветривания железистых кварцитов. В 1954 г. на Лебединском и Веретенинском рудных участках были обнаружены гидротермальные и метасоматические карбонатно-магнетитовые руды.

На Коробковском и Яковлевском участках обнаружены пока небольшие жилы и прожилки богатых магнетитовых руд контактово-метасоматического происхождения, генетически связанных с кислыми и другими интрузиями, которые в некоторых местах прорывают толщу железистых кварцитов и кристаллических сланцев докембрия. В настоящее время известны лишь слабые проявления такого магнетитового оруденения в виде тонких магнетитовых жил и прожилков (толщиной в 2—3 см и редко в 10—15 см) на некоторых рудных участках КМА, но промышленных скоплений таких руд еще не найдено.

Таким образом, в железорудном бассейне КМА в настоящее время установлено пока пять генетических типов богатых железных руд. К этим типам относятся:

I. Осадочные (переотложенные) руды.
II. Остаточные (элювиальные) руды.
III. Гидротермальные руды.
IV. Метасоматические руды (возникшие при железистом метасоматозе).
V. Контактово-метасоматические руды.

Следует, однако, отметить, что не все из указанных генетических типов руд на КМА имеют промышленное значение. Осадочные (переотложенные) руды по своим запасам могут представлять практическую ценность, но по условиям залегания (они располагаются главным образом среди сильно обводненных и неустойчивых осадочных пород) эти руды вряд ли могут иметь в настоящее время практическое значение. Остаточные (элювиальные) руды являются основным промышленным типом богатых железных руд на КМА и представляют большую практическую ценность, так как геологические запасы этих руд только в пределах Старооскольского и Михайловского узлов и Верхопенской аномалии уже в настоящее время составляют около 1 млрд. т.

Гидротермальные руды обнаружены на Веретенинском и Лебединском участках и, повидимому, они имеются и на Коробковском участке, но их промышленная ценность остается пока не выясненной. Метасоматические руды были зафиксированы лишь в одной скважине (№ 961) на Лебединском участке в виде небольшого (мощностью 0,4 м) прослойка, который согласно залегает среди железистых кварцитов. Контактово-метасоматические магнетитовые руды обнаружены на некоторых рудных участках только в виде небольших магнетитовых жил и пока представляют лишь теоретический интерес.

1. Осадочные железные руды

а) Краткая характеристика осадочных руд

Осадочные железные руды в пределах Курской магнитной аномалии известны на Коробковском, Лебединском, Осколецком, Роговском, Веретенинском и других рудных участках.

Залегают эти руды среди пород наддокембрийской толщи в виде отдельных слоев (пластов) различной мощности (от 0,25 до 40 м).

На Роговском и Веретенинском участках пласты осадочных руд залегают среди песчано-глинистых (и реже карбонатных) пород девонского возраста, а в пределах Коробковского, Лебединского и Осколецкого участков эти руды располагаются среди рыхлых песчано-глинистых осадков, имеющих юрский возраст. На Яковлевском участке осадочные руды залегают среди осадочных пород каменноугольного возраста.

На Веретенинском участке (скв. № 203) зафиксировано шесть пластов осадочных руд, на Роговском участке (скв. № 675)—четыре пласта,

на Лебединском — три пласта, на остальных участках обнаружено пока по одному пласту этих руд.

Самые нижние пласты осадочных руд залегают иногда непосредственно на остаточных рудах или на железистых кварцитах и кристаллических сланцах с эрозионным и угловым несогласием. Но нередко осадочные руды бывают отделены от упомянутых докембрийских пород слоями осадочных песчано-глинистых образований. Почти во всех случаях слои осадочных железных руд связаны постепенными переходами с подстилающими и покрывающими их песчано-глинистыми породами. Однако переходные зоны являются небольшими и их мощность не превышает 10—15 см.

Среди осадочных руд по текстурным признакам можно выделить следующие основные разновидности.

1. Конгломерато-брекчиевидные руды (фиг. 172, 175, 176, 182).
2. Конгломератовые руды (173, 174, 177, 178, 179, 183, 186).
3. Песчанистые руды (состоят из рудных песчинок, фиг. 184, 185).
4. Мелко-оолитовые руды (фиг. 187—192).

По содержанию главных рудообразующих минералов осадочные руды можно разделить на:

1. Гематитовые (красные железняки), встречающиеся среди первых трех текстурных разновидностей.
2. Гидрогетитовые (бурые железняки), встречающиеся также среди первых трех текстурных разновидностей.
3. Сидерито-хлорито-гидрогетитовые (смешанный тип руд). Такой минералогический состав имеют мелко-оолитовые руды.

Первые три текстурные разновидности осадочных руд (конгломерато-брекчиевидные, конгломератовые и песчанистые) состоят из рудных гематитовых, гидрогематитовых и гидрогетитовых остроугольных обломков, хорошо окатанных галек и песчинок, которые сцементированы песчано-глинистой, ожелезненной и нередко карбонатизированной массой.

Необходимо отметить, что в составе этих руд почти совсем отсутствуют обломки и гальки кварца.

Рудные обломки, как это видно на фотографиях (фиг. 172—186), имеют различную форму (остроугольную, округлую, плоскую и эллипсовидную) и различные размеры. Для руд, имеющих песчанистый облик (фиг. 184—185), размеры рудных песчинок колеблются от 0,1 до 2 мм. Для брекчиевидных и конгломератовых руд размеры галек и обломков колеблются от 2—5 мм до 2—3 см.

Содержание железа в этих типах руд в большинстве случаев колеблется от 40 до 60%, а потому эти руды в условиях КМА относятся к типу богатых руд.

Четвертая текстурная разновидность руд, т. е. мелко-оолитовые руды, встречается среди девонских песчано-глинистых отложений на Осколецком и Веретенинском участках. На Веретенинском участке наблюдается два слоя (горизонта) этих руд. Эти руды по текстуре, минералогическому составу и, повидимому, по фациальным условиям образования (но не по возрасту) аналогичны Аятским оолитовым рудам (в Кустанайской области) и девонским Хоперским оолитовым рудам. Они состоят из мелких гидрогетитовых и реже сидеритовых и хлоритовых оолитов, которые цементируются также сидерито-хлоритовым и глинистым цементом. Размеры этих оолитов колеблются от 0,02 до 1,0 мм.

При окислении этих руд сидерит и хлорит замещаются гидрогетитом, и в этих случаях в составе руд существенную роль играет гидрогетит. Содержание железа в этих рудах колеблется от 28 до 40% и вследствие этого они относятся к бедным рудам.

б) Об условиях образования осадочных руд

Конгломератовые, брекчиевидные и песчанистые руды образовались в прибрежных условиях водных бассейнов. Материалом для их образования служили главным образом продукты механического разрушения богатых остаточных руд и сильно окисленных железистых кварцитов. В составе этих руд содержится весьма мало химических железистых осадков, которые иногда фиксируются в виде колломорфных выделений гидрогематита и гидрогетита.

Отсутствие в этих рудах обломков и галек кварца указывает на то, что продукты разрушения свежих не окисленных железистых кварцитов в формировании этих руд участия не принимали. Это, повидимому, можно объяснить, во-первых, тем, что свежие железистые кварциты являются весьма крепкими породами, трудно поддающимися разрушению, а, во-вторых, на поверхности эти кварциты всегда окисляются и дезинтегрируются (магнетит переходит в мартит, а кварц превращается в мучнистый кремнезем) и при эрозионных процессах они легко размывались, а продукты их размыва переносились и отлагались в водных бассейнах. В некоторых случаях разрушались и сносились в водные бассейны окисленные, но не выщелоченные железистые кварциты в виде не окатанных остроугольных обломков, среди которых еще хорошо видны кварцевые и гематитовые прослойки (фиг. 107, 108).

Мелко-оолитовые руды образовались в девонском водном бассейне и, в отличие от описанных выше конгломератовых и брекчиевидных руд, представляют собой химические осадки. Источником железа для формирования этих руд являлись продукты химического выветривания каких-то горных пород, слагающих берега девонского моря. Возможно, что такими породами являлись те же богатые железные руды и окисленные железистые кварциты, за счет которых формировались конгломератовые и брекчиевидные руды. Но для формирования мелких оолитовых руд железо должно было поступать в бассейн не в виде рудного обломочного материала, а в виде истинных (химических) и коллоидных растворов. Выпадение этого железа в виде карбонатных соединений (сидерита) и силикатных соединений (хлорита) происходило в восстановительной среде, поскольку в этих минералах железо присутствует главным образом в закисной (двухвалентной) форме. Эта восстановительная среда должна была создаваться в водном бассейне на сравнительно большой глубине.

По данным Е. И. Соколовой, исследовавшей условия образования железо-марганцовистых руд в современных озерах Карело-Финской республики, восстановительная среда, обусловливающая образование сидерита, создается уже на глубине 11—14 м (оз. Пунус-Ярви). Однако оолитовая форма выделений сидерита и хлорита в описываемых рудах указывает на то, что эти руды должны были отлагаться на небольшой глубине, так как для формирования оолитов необходимо наличие постоянно движущейся воды (прибои волн), что обычно происходит в прибрежных зонах водных бассейнов. Но в то же время среди мелко-оолитовых руд Курской магнитной аномалии почти полностью отсутствует более или менее крупный обломочный материал, указывающий на то, что эти руды отлагались на сравнительно большом расстоянии от берега.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что мелко-оолитовые руды КМА отлагались на сравнительно большом расстоянии от берега и в то же время выпадение их происходило на небольшой глубине, повидимому, в условиях мелководного шельфа.

Выше уже было сказано, что осадочные руды по возрасту относятся к юрским, каменноугольным и девонским образованиям и сформировались главным образом за счет продуктов размыва коры выветривания железистых кварцитов. Размыв этих кварцитов происходил неоднократно. В девоне, в пределах Веретенинского участка, железистые кварциты, судя по количеству отдельных слоев осадочных руд, не менее шести раз подвергались размыву. На Лебединском участке в юрское время эти кварциты подвергались размыву не менее трех раз. Есть также указания на то, что железистые кварциты подвергались размыву и в меловую эпоху.

Следует, однако, отметить, что количество слоев осадочных руд не может точно соответствовать количеству периодов размыва железистых кварцитов, так как эти кварциты, кроме того, могли еще размываться и тогда, когда рудный обломочный материал, поступающий в водные бассейны при размыве этих кварцитов, не образовывал самостоятельных слоев осадочных руд, а рассеивался среди отдельных пластов песчано-глинистых пород, формировавшихся за счет рыхлых продуктов коры выветривания докембрийских кристаллических сланцев. Это предположение подтверждается тем, что среди некоторых слоев песчано-глинистых пород нередко встречаются рассеянные рудные гальки, песчинки и неокатанные обломки, которые являются продуктами разрушения окисленных железистых кварцитов. Кроме того, в некоторых случаях отдельные слои девонских известняков (на Тимском и Веретининском участках) бывают сильно насыщены гематитовыми песчинками и вследствие этого они приобретают темный или красноватый оттенок.

Размыв железистых кварцитов (и докембрийских кристаллических сланцев) после трансгрессии среднедевонского моря (в пределах КМА самыми древними отложениями палеозоя являются породы среднего девона) происходил вследствие местных эпейрогенических колебаний земной поверхности, приводивших к временному поднятию местности.

При каждом таком поднятии железистые кварциты, образующие обычно в древней поверхности докембрия возвышенные участки, выходили на дневную поверхность, освобождались от покрова наложившихся на них осадков и начинали размываться. Продукты их размыва сносились в близлежащие водные бассейны и, с одной стороны, концентрируясь в определенных участках бассейна, служили материалом для формирования осадочных руд, а с другой — рассеивались и вместе с продуктами размыва безрудных кристаллических сланцев докембрия входили в состав песчано-глинистых и карбонатных осадочных пород, не образуя самостоятельных рудных слоев. При опускании местности железистые кварциты снова затоплялись водой и на них начинали отлагаться рыхлые осадки. Периоды местных поднятий и опусканий поверхности земли, а вместе с тем и периоды размыва и затопления железистых кварцитов водой, продолжались до тех пор, пока не накопилась довольно мощная толща осадков, которая потом (повидимому, в верхнеюрскую или меловую эпоху) покрыла всю обширную территорию КМА и защитила толщу железистых кварцитов от дальнейшего размыва. Следует отметить, что осадочные руды КМА пока не разведаны; они только выявлены в процессе разведки железистых кварцитов и поисков богатых остаточных руд. При этом поисковые и разведочные работы не выходили за пределы полос железистых кварцитов и потому площади распространения осадочных руд остались неоконтуренными и перспективы их развития невыясненными.

Анализируя разведочные данные, приходится сказать, что нельзя, повидимому, надеяться на открытие больших залежей осадочных руд в пределах полос железистых кварцитов и в непосредственной близости

от них, так как выявленные до сих пор пласты осадочных руд занимают небольшие площади. Во многих буровых скважинах, вскрывших эти руды, максимальная мощность их пластов не превышает 6 м, и только на Яковлевском участке мощность их достигает 40 м. Не обладают эти руды большим площадным распространением, так как нередко в разведочных линиях они фиксируются лишь единичными скважинами.

Небольшие размеры выявленных залежей осадочных руд, расположенных поблизости от полос железистых кварцитов, могут быть, очевидно, обусловлены тем, что размыв железистых кварцитов в отдельные периоды поднятий (происходивших от среднего девона до верхней юры или нижнего мела) был ограниченным и не имел регионального характера. При таком ограниченном размыве железистых кварцитов, обусловленном, видимо, небольшой продолжительностью периодов размыва, не могло, конечно, накопиться большого количества рудного обломочного материала, из которого могли бы сформироваться большие залежи осадочных руд.

Однако при рассмотрении процессов размыва в региональном масштабе возникает весьма существенный вопрос: куда же девались продукты размыва громадной массы железистых кварцитов всей территории КМА, которая размывалась в течение довольно продолжительного времени,— от протерозоя до среднего девона?

Геологические исследования показали, что породы докембрия в пределах так называемого Воронежского массива (горста), в состав которого входит и описываемый район КМА, еще в докембрийскую эпоху были смяты в крутые и сложные складки. Описываемая территория с этого времени представляла собой высокогорную страну. Затем, повидимому, начиная с протерозоя и на протяжении всего кембрия, силура и нижнего девона, в районе господствовал континентальный режим, во время которого происходило выветривание и размыв докембрийских пород. За этот весьма длительный континентальный период была смыта громадная толща докембрийских метаморфических пород, слагавших высокие горы, и к началу среднего девона эта горная страна была почти полностью пенепленизирована.

Древняя (досреднедевонская) поверхность кристаллического фундамента в описываемом районе представляет собой всхолмленную равнину с небольшим относительным превышением (максимально в 45—80 м) положительных форм (холмов) рельефа над отрицательными формами (ложбинами). Вместе с безрудными метаморфическими породами докембрия (кристаллическими сланцами, гнейсами и др.) разрушались и железистые кварциты, которые залегают среди упомянутых докембрийских пород. При этом было смыто колоссальное количество железистых кварцитов, так как последние имели в районе весьма широкое развитие и вместе с другими породами докембрия были смяты в крупные и сложные складки.

Мощность толщи железистых кварцитов достигает 200—350 м и пласты их при тектонических процессах были смяты в крутые складки. При такой мощности кварцитов и крутом их падении во время размыва этих кварцитов вместе с вмещающей их толщей пород на большую глубину и на обширной территории вес массы размытых железистых кварцитов, если даже допустить, что они представлены лишь одним горизонтом (толщей), будет исчисляться грандиозными цифрами. Это колоссальное количество рудного (железистого) материала, образовавшегося в результате длительного размыва (от протерозоя до среднего девона) железистых кварцитов, должно было где-то отложиться и, возможно, сконцентрироваться в виде мощных залежей осадочных железных руд.

Местами для аккумуляции этого рудного материала могли служить большие впадины, которые должны были располагаться параллельно приподнятым участкам. В настоящее время мы еще не имеем необходимых данных для того, чтобы указать те пониженные области (впадины), где мог накопляться рудный материал и где следует искать осадочные железные руды. Возможно, что бóльшая часть этого рудного материала при региональном размыве была снесена, с одной стороны, в Подмосковную, а с другой — в Украинскую впадины. В пределах Подмосковной впадины осадочные железные руды фиксируются среди каменноугольных, девонских и других пород. Не исключена возможность и того, что железистый материал, получившийся при разрушении кварцитов, мог накопляться в кембрийских и силурийских толщах в пределах Русской платформы.

Значительная часть обломочного рудного материала, повидимому, должна была отлагаться в тех впадинах, которые располагаются в незначительном удалении от полос железистых кварцитов.

В литературе высказывалась мысль о том, что при размыве железистых кварцитов рудный обломочный материал должен был накопляться в пониженной области, расположенной в районе Белгорода и к югу от него.

Пробуренные трестом «Курскгеология» между городами Обоянь и Белгород скважины на глубине 470—530 м врезались в остаточные железные руды (в кору выветривания железистых кварцитов) и вскрыли осадочные руды. Мощность осадочных руд в этом районе невелика и лишь в скважине № 9 (в с. Яковлевка) достигает 40 м. Следует иметь в виду, что при решении общей проблемы поисков богатых железных руд в бассейне курских магнитных аномалий необходимо покрыть поисковыми работами и территорию Подмосковной и Украинской котловин как возможных областей накопления осадочных железных руд, образовавшихся за счет осаждения продуктов размыва железистых кварцитов. В пределах железорудного бассейна КМА богатые железные руды (осадочные и остаточные) могут быть выявлены как при дальнейшей разведке отдельных рудных участков, так и при покрытии всей территории бассейна редкой поисковой сетью буровых скважин, заданных по заранее намеченным перспективным направлениям (профилям).

2. Остаточные железные руды

а) Краткая характеристика остаточных руд

Остаточные («коренные» по терминологии геологов КМА) железные руды на территории Курской магнитной аномалии обнаружены на многих рудных участках. Более крупные залежи этих руд, которые представляют практический интерес, выявлены пока на Лебединском, Коробковском, Салтыковском, Тимском, Роговском, Веретенинском, Яковлевском и Реутецком участках. Кроме того, эти руды встречаются также на Костельцевском, Яцынском, Стойленском, Осколецком, Новооскольском, Волотовском и других участках КМА.

Остаточные богатые руды КМА, как было уже сказано выше, представляют собой главным образом кору выветривания железистых кварцитов и отчасти кристаллических сланцев. Кроме того, на некоторых рудных участках КМА были обнаружены в последнее время красные железняки, образовавшиеся при окислении и выщелачивании гипогенных карбонатно-магнетитовых руд. Такие руды обнаружены на Лебединском, Веретенинском, Яковлевском и Коробковском участках. Они имеют массивное (не слоистое) сложение и залегают среди богатых руд коры выветривания железистых кварцитов в виде жил. В их составе прини-

мают участие мартит, землистый гематит, гидрогематит, карбонаты, хлорит и глинистые минералы. Эти руды пока недостаточно изучены.

По условиям залегания и по форме рудных тел среди руд коры выветривания железистых кварцитов можно выделить две разновидности.

Первая разновидность остаточных руд представляет собой так называемый площадный тип коры выветривания (по классификации И. И. Гинзбурга и его сотрудников) и залегает плащеобразно на поверхности (на головах) железистых кварцитов, а вторая разновидность этих руд относится к линейному (трещинному) типу коры выветривания, залегает в виде пластообразных тел или рудных столбов среди железистых кварцитов и, повидимому, может уходить на значительную глубину.

Условия залегания первой разновидности остаточных руд резко отличаются от условий залегания руд второй разновидности.

Руды первой разновидности (площадный тип коры выветривания) имеют разные взаимоотношения с подстилающими и покрывающими породами, которые обусловлены генетическими особенностями этих руд. Являясь корой выветривания железистых кварцитов, остаточные руды слагают самый верхний горизонт этих кварцитов. Они связаны постепенными переходами с подстилающими их свежими неокисленными железистыми кварцитами через промежуточную зону окисленных и нередко дезинтегрированных железистых кварцитов, которые кверху постепенно переходят в богатые остаточные руды, а книзу — в свежие железистые кварциты. Эта промежуточная зона окисленных железистых кварцитов отличается от остаточных руд меньшим содержанием железа и большим содержанием кремнезема, что объясняется неполным выщелачиванием и выносом из этой зоны кремнезема и других нерудных компонентов.

Нижняя граница (подошва) залежей остаточных руд является неровной, извилистой и располагается на различных гипсометрических уровнях. Иногда эти руды имеют большую мощность (более 270 м около сел. Яковлевка, южнее г. Обояни).

Нередко эти руды в виде отдельных карманов заходят глубоко в зону окисленных железистых кварцитов (до 50—80 м), а иногда подошва их поднимается довольно высоко и в таких случаях мощность рудных залежей значительно уменьшается (до 2—5 м). Такое колебание нижней границы остаточных руд объясняется неравномерным развитием на отдельных участках процессов окисления и выщелачивания железистых кварцитов, которое было обусловлено как различным характером и интенсивностью самих этих процессов, так и различными геоморфологическими, петрографическими и тектоническими факторами.

Следует отметить, что остаточные руды в большинстве случаев приурочены к пониженным участкам древней поверхности докембрийского кристаллического фундамента. На Яковлевском участке (севернее Белгорода) эти руды приурочены, видимо, к синклинальной складке, сложенной железистыми кварцитами.

Контакты остаточных руд с покрывающими их осадочными породами всегда являются довольно резкими и отчетливыми. На остаточные руды в пределах отдельных рудных участков налегают породы различного возраста: девонские, каменноугольные, юрские и, повидимому, меловые. Мощность толщи покрывающих пород, представленных глинами, алевролитами, песками, песчаниками, мергелями, известняками, конгломератами, осадочными железными рудами и др., в различных районах Курской магнитной аномалии неодинакова и колеблется от 25 до 530 м.

Непосредственно на остаточные руды налегают в одних случаях глины или песчаники, в других известняки, мергели или осадочные железные руды. Но во всех случаях эти породы залегают на остаточных

рудах с эрозионным и резким угловым несогласием. Иногда на этих рудах залегают весьма плотные брекчиевидные гематитовые руды, которые непосредственно примыкают к остаточным рудам и представляют, повидимому, самую верхнюю зону остаточных руд. Они, очевидно, образованы путем дробления и перемещения остаточных руд на небольшое расстояние (фиг. 109, 110).

Среди толщи покрывающих пород имеется несколько водоносных горизонтов. Поэтому добыча богатых остаточных руд, которые залегают под этой водообильной покрывающей толщей, а также добыча осадочных руд, залегающих в толще этих водоносных пород, при наличии такой обводненной и в большинстве случаев неустойчивой толщи покрывающих пород, будет представлять нелегкую задачу. Вследствие этого разведанные еще до Великой Отечественной войны сравнительно большие залежи богатых остаточных руд на Лебединском и Коробковском участках до сих пор еще не эксплуатируются. Правда, в некоторых районах Курской магнитной аномалии имеются залежи остаточных руд первой разновидности, которые залегают под мощной толщей глинистых водоупорных пород и добыча их закрытым способом, повидимому, не составит особых затруднений. Такие руды обнаружены пока в районе с. Яковлевка (между городами Обоянь и Белгородом). Здесь под устойчивыми осадочными породами юры и карбона на глубине 480 м (скв. № 5) и 530 м (скв. № 9) залегают остаточные руды (фиг. 113). Мощность остаточных руд в скважине № 5 равна 148 м, а в скважине № 9 — 270 м. Скважина № 5 прошла зону остаточных руд и на глубине 628 м врезалась в окисленные железистые кварциты (железнослюдковые), а скважина № 9, пройдя 40 м по осадочным и 270 м по остаточным (железнослюдковым) рудам, на глубине 800 м была приостановлена в тех же остаточных рудах (из-за малой мощности бурового станка).

На Веретенинском участке остаточные руды первой разновидности (площадный тип коры выветривания) залегают в некоторых местах на небольшой глубине (около 25 м), что позволяет организовать добычу этих руд открытым способом (карьерами). Открытым способом проектируется добыча богатых железных руд на Лебединском рудном участке, находящемся в пределах Старооскольского узла магнитных аномалий.

По форме разведанные рудные тела остаточных руд представляют собой неправильные линзообразные и гнездообразные залежи. Мощность залежей колеблется от 1—2 до 25—40 м, реже 50—80 м, а в одном случае (у сел. Яковлевки) достигает 270 м. Длина залежей колеблется от 50—70 м до 3,5 км, ширина от 15—20 до 300 м и более.

Среди описываемых остаточных руд по физическим свойствам выделяются плотные и рыхлые разновидности. Все эти руды представлены главным образом красными железняками и лишь в одном случае были обнаружены бурые железняки.

Плотные руды обладают полосчатой текстурой, унаследованной ими от первичной (материнской) породы — железистых кварцитов. В их составе главная роль принадлежит гематиту (главным образом в виде мартита и редко в виде железного блеска) и гидрогематиту. Из рудных минералов присутствуют также гетит, гидрогетит, эренвертит, реже маггемит. Сидерит присутствует в верхних горизонтах остаточных руд.

Кроме того, в состав этих руд входят кварц, маршалит (мучнистый кремнезем), халцедон, хлориты, каолинит, галлуазит, лепидокрокит, кальцит, анкерит, пиролюзит, псиломелан, вад, глинистое вещество, пирит и марказит. Последние два минерала, так же как и сидерит, достигают иногда в верхних горизонтах отдельных участков этих (плотных) руд

большой концентрации. По направлению же вниз количество этих минералов (подобно сидериту) постепенно убывает и на глубине 8—12 м они почти совсем не фиксируются в остаточных рудах.

Рыхлые остаточные руды представляют собой сыпучую песчаноподобную массу, среди которой встречаются куски плотной руды.

Главными рудными минералами рыхлых руд являются гематит, гидрогематит, реже гидрогетит. Кроме того, в этих рудах весьма часто присутствует маггемит (магнитная окись железа). Этот минерал определяется нами пока только по результатам химических анализов и по магнитным свойствам. Отобранные Л. И. Яковлевой чистые мономинеральные фракции этого минерала были проанализированы. Химические анализы показали, что этот минерал состоит только из Fe_2O_3 и в нем совершенно отсутствует закись железа (FeO). Рентгеноструктурных исследований этого минерала не производилось.

В состав рыхлых руд входят также многие из тех минералов, которые были обнаружены в плотных рудах. Но в рыхлых рудах, в отличие от плотных, почти полностью отсутствуют или содержатся в весьма незначительных количествах сидерит, пирит и марказит.

Остаточные руды второй разновидности, залегающие среди железистых кварцитов, обнаружены пока на Тимском и Веретенинском участках.

На Тимском участке они были вскрыты наклонной буровой скважиной № 654 и прослежены на глубине от 212,40 до 230,20 м. На этом интервале обнаружено четыре пропластка гематитовых руд. Мощность отдельных пропластков колеблется от 1,5 до 3,5 м. Эти руды переслаиваются с слабо окисленными железистыми кварцитами и залегают вместе с последними среди толщи железистых кварцитов.

На Веретенинском участке в наклонной скважине № 205, на глубине от 137,21 до 188,73 м, обнаружены также четыре пропластка богатых гематитовых руд. Эти пропластки (мощностью в 2,5; 3; 1,5 и 8 м) разобщены между собой пропластками слабо окисленных железистых кварцитов, с которыми они связаны постепенными переходами. Позднее на этом участке такие руды были обнаружены и в других скважинах, которые располагаются на том же профиле, где располагается и скважина № 205. В этих скважинах описываемые руды уходят в виде языков на некоторую глубину в толщу железистых кварцитов. Остаточные руды второй разновидности на обоих участках являются довольно плотными и имеют тонкополосчатую текстуру, характерную для железистых кварцитов.

В составе этих руд главная роль принадлежит гематиту, который представлен в виде плотной и реже рыхлой разновидности. Кроме того, в них присутствуют кварц, сидерит, гидрогетит, гетит, гидрогематит, турьит, эренвертит, хлорит, каолинит, кальцит, арагонит, пирит, марказит и др. Сидерит и пирит на Веретенинском участке (скв. № 205) достигают большой концентрации в рудах первого по счету пропластка. В отдельных местах этого пропластка сидерит иногда почти нацело замещает собой гематит, а нередко он цементирует отдельные обломки гематитовых руд (фиг. 148). Пирит образует густую вкрапленность и прожилки среди руд этого пропластка. В других пропластках этих руд сидерит и пирит встречаются реже.

Кроме того, на Тимском участке в скважине № 707, на глубине от 370,40 до 379,82 м, обнаружены вишнево-красные гематитовые руды. Среди них встречаются как плотные, тяжеловесные, так и пористые, легковесные (глиноподобные) руды, возникшие в результате окисления и выщелачивания кристаллических сланцев, содержащих в своем составе прослои железистых кварцитов. Эти руды залегают между свежими кри-

сталлическими сланцами и безрудными, сильно раздробленными, кварцитами.

Промышленная ценность этих богатых руд на Веретенинском и Тимском участках пока не выяснена. По данным некоторых буровых скважин Веретенинского участка видно, что эти руды в виде отдельных карманов (и языков) углубляются в толщу железистых кварцитов, но эти карманы сравнительно быстро выклиниваются и не уходят на значительную глубину. Однако наличие небольших пока залежей подобных руд в пределах Курской магнитной аномалии позволяет все же надеяться на открытие в этом бассейне промышленных скоплений таких руд подобно Кременчугскому месторождению, где богатые руды уходят на большую глубину среди толщи железистых кварцитов и слагают промышленные залежи месторождения. Открытие промышленных залежей таких руд на КМА имело бы большую практическую ценность, так как эти руды залегают в весьма устойчивых породах (железистых кварцитах) и добыча этих руд подземным способом не представляла бы особых затруднений.

В настоящее время остается пока не решенным вопрос относительно богатых железнослюдковых руд Яковлевского участка: или эти руды относятся к первой разновидности (т. е. к площадному типу коры выветривания железистых кварцитов), или они представляют вторую разновидность остаточных руд (линейный тип коры выветривания железистых кварцитов). Для решения этого вопроса пока нет необходимых данных, так как эти руды вскрыты лишь единичными, разрозненными буровыми скважинами, по которым нельзя составить даже общего представления об условиях залегания этих руд, о размерах рудных залежей, а следовательно, и о запасах этих руд.

Среди остаточных руд обеих разновидностей по физическим, текстурным и минералогическим признакам можно выделить несколько основных типов и разновидностей.

Так, по плотности все руды можно разделить на два основных типа: 1) плотные и 2) рыхлые (сыпучие — мелкозернистые, крупнозернистые и обломочные или щебенистые).

По текстуре плотные остаточные руды во многом сходны с железистыми кварцитами, так как эти руды образовались в гипергенных условиях за счет окисления железистых кварцитов, выщелачивания и выноса из них безрудных кварцевых и отчасти силикатных прослойков. При этих процессах во многих случаях остаточные руды сохранили унаследованную ими от железистых кварцитов текстуру. Но иногда эта структура нарушается в результате выноса кварцевых и силикатных прослойков из железистых кварцитов. Руда в таких случаях приобретает брекчиевидное или массивное сложение. В отдельных участках при указанных процессах нарушается связь даже между отдельными зернами железорудных минералов, которые обычно при окислении и выщелачивании не выносятся из железистых кварцитов, а остаются на месте и при этом образуются рыхлые — сыпучие руды.

Таким образом, для плотных руд, сохранивших первичную текстуру железистых кварцитов, можно будет использовать ту номенклатуру текстурных типов, которая указана выше для железистых кварцитов. Вследствие этого по текстурным признакам среди плотных остаточных руд не имеет особого смысла выделять все те же типы, которые были указаны для этих кварцитов. Однако, в отличие от кварцитов, в рудах почти всегда будут отсутствовать резко выраженные текстурные (полосчатые) разновидности, так как из них выщелочены кварцевые прослойки, которые придают железистым кварцитам отчетливо полосчатое сложение. По-

этому для этих плотных руд необходимо выделить только следующие три основных текстурных типа:

1) полосчатые (линейно-полосчатые, плойчатые и др.) (фиг. 113, 115, 120, 149—166); 2) брекчиевидные (фиг. 109, 110, 112, 114, 163); 3) массивные (фиг. 119).

По минералогическому составу среди плотных и рыхлых остаточных руд выделяются следующие типы:

1) гематитовые, подразделяются на мартитовые и железнослюдковые (на Яковлевском участке); 2) гематито (мартитовые)-гидрогематитовые; 3) гематито-гидрогетитовые; 4) гидрогетитовые; 5) магнетито-гематитовые (магнетито-мартитовые).

По наличию примесей различных минералов в основных минералогических типах руд необходимо выделять среди этих типов разновидности с следующими минералами: 1) с сидеритом (или сидеритизированные руды); 2) с кальцитом (или кальцитизированные руды); 3) с сульфидами (пиритом, марказитом, реже с халькопиритом); 4) с хлоритом (или хлоритизированные руды); 5) с глинистыми минералами (каолинитом, бейделлитом, галлуазитом, монтмориллонитом и др.).

Среди всех выделенных минералогических типов руд на Курской магнитной аномалии преобладающее значение имеет второй тип руд — гематито (мартитовые)-гидрогематитовые.

Мономинеральные типы руд (мартитовые или железнослюдковые) встречаются весьма редко, да и среди этих типов почти всегда, хотя и в малом количестве, присутствуют другие железорудные минералы. Так, например, среди железнослюдковых руд Яковлевского участка (фиг. 113) обычно всегда в незначительном количестве присутствует мартит (фиг. 121, 122), образовавшийся при окислении магнетита, который присутствовал в неокисленных железистых кварцитах, наряду с железным блеском.

Среди магнетитовых железистых кварцитов и мартитовых руд, образовавшихся из этих кварцитов (при окислении магнетита и выщелачивании кварца и силикатов), также часто присутствует железный блеск в виде удлиненных чешуек и неправильных зерен.

Характер распределения железного блеска в этих кварцитах и рудах показан на микрофотографиях (фиг. 139—142).

Магнетит нередко присутствует в рудах в виде отдельных участков, располагающихся внутри зерен мартита и уцелевших при неполном его окислении (переходе в мартит). Характер и степень окисления магнетита, т. е. переход его в мартит, иллюстрируются на прилагаемых фотографиях полированных шлифов (фиг. 123—126). При циркуляции грунтовых вод среди мартитовых руд происходит гидратация мартита с образованием за счет его гидрогематита и гидрогетита. Форма и степень замещения мартита гидрогетитом видны на фотографиях полированных шлифов (фиг. 137 и 138). В таких случаях образуются гематито-гидрогетитовые руды. Иногда гидратация мартита происходит даже в пределах зоны окисленных кварцитов, если в этой зоне довольно продолжительное время циркулируют грунтовые воды. Нередко в этой зоне, в краевых участках мартитовых зерен образуются гидрогематит и гидрогетит. Гидрогетит иногда выделяется в виде игольчатых и пластинчатых кристаллов (фиг. 135, 136). В этой же зоне окисленных железистых кварцитов подвергаются полному или частичному окислению секущие магнетитовые прожилки и мелкие вкрапленники магнетита. Магнетит при этом переходит в мартит (фиг. 143, 144).

Гематито-гидрогематитовые руды встречаются редко и приурочены к верхним горизонтам рудных залежей. Гидрогетитовые же руды встреча-

ются весьма редко и были обнаружены в небольшом количестве пока лишь на Коробковском и Салтыковском участках, но в этих рудах в качестве примеси всегда присутствует гидрогематит.

Магнетито-мартитовые («полумартитовые») руды залегают лишь в самых нижних горизонтах остаточных руд. Они располагаются на границе между слабо окисленными железистыми кварцитами и богатыми остаточными рудами. Нередко в рудах присутствует большое количество кварца и вследствие этого они содержат мало железа. В этих рудах кварцевые и силикатные прослойки выщелочены неполностью, а магнетит бывает не до конца окислен и не до конца превращен в мартит (фиг. 123—126).

Остаточные руды с сидеритом и кальцитом (или сидеритизированные и кальцитизированные руды) слагают обычно самые верхние горизонты остаточных руд. Сидеритизация (карбонатизация) руд обусловлена проникновением в эти руды из выщелоченных покрывающих осадочных пород углекислых растворов, которые были богаты углекислым газом и отчасти кальцием. При проникновении этих растворов в толщу остаточных железных руд углекислота вступала во взаимодействие с железом и в результате этого взаимодействия образовался сидерит.

Под микроскопом наблюдается расположение сидерита непосредственно около гематита (мартита), тогда как кальцит располагается на некотором удалении от гематита. На микрофотографиях (фиг. 127—130) видно, что темносерые зерна сидерита (с высоким рельефом) располагаются рядом с гематитом (темное), а кальцит отделен от гематита сидеритовой оторочкой. На фиг. 128 видно, что кальцитовый прожилок в кварце (светлосерое) при переходе его в поле гематита меняет свой состав на сидеритовый (более темносерое).

Таким образом, сидерит образуется главным образом в непосредственной близости с гематитом. Это, повидимому, объясняется тем, что на формирование сидеритовой молекулы железо заимствуется из близ находящегося гематита.

Проникновение углекислоты и образование сидерита происходило не на большую глубину в остаточные руды и вследствие этого сидеритизация остаточных руд проявляется только в верхней зоне. Наиболее сидеритизированными руды оказываются до глубины 5 м, а ниже сидерит количественно резко убывает и на глубине 10—12 м от кровли рудных залежей он почти совсем в рудах отсутствует. Вообще сидерит (так же как и кальцит) не имеет существенного значения в составе мартитовых руд, так как в пределах сидеритизированных руд среднее его содержание достигает 3—5% и очень редко доходит до 10% от общего минералогического состава руд. Поэтому нет никакого практического смысла выделять особый тип сидерито-мартитовых руд на КМА, как это делал И. А. Русинович. Сидерит в этих рудах является явно подчиненным минералом и образовался в них значительно позднее других минералов. Если же мы допустим выделение сидерито-мартитовых руд, то с таким же основанием можно выделять и сульфидно-мартитовые руды, так как сульфиды в верхней зоне остаточных руд также присутствуют иногда в значительных количествах. Однако такие сульфидно-мартитовые руды на КМА до сих пор не выделялись. Нет никакой практической необходимости выделять эти сульфидно-мартитовые и сидерито-мартитовые руды. Эти две разновидности руд слагают лишь верхние горизонты рудных залежей и в балансах запасов богатых гематитовых (мартитовых) руд Курской магнитной аномалии они играют весьма ограниченную роль. В качестве минералогических разновидностей эти руды должны выделяться при более

детальном описании рудных залежей как руды сидеритизированные (или карбонатизированные) и руды «с сульфидами» (или пиритизированные).

Сульфиды (пирит и марказит) присутствуют в верхних горизонтах остаточных руд КМА, так же как и сидерит в качестве вторичных (и второстепенных) минералов. Они образовались здесь в результате проникновения в эти руды грунтовых вод, которые были богаты серой, позаимствованной этими водами из осадочной толщи покрывающих пород (девонских, каменноугольных, юрских и меловых), богатых растительными остатками.

При взаимодействии сульфатных растворов с железом в верхней зоне богатых железных руд образовались сульфиды (пирит и марказит), которые и отлагались среди этих руд. Форма выделения сульфидов и степень насыщенности ими остаточных руд хорошо показаны на фотографиях (фиг. 131—134, 157—166). Сульфиды, несомненно, повышают содержание серы в рудах и снижают их качество. Однако пирит и марказит, так же как и сидерит, распространены в рудах лишь на небольшую глубину, и среднее содержание серы в рудной массе почти всегда находится в допустимых пределах.

Химический состав богатых железных руд Курской магнитной аномалии еще не достаточно хорошо изучен. Полных анализов руд сделано пока мало. Много проб проанализировано лишь на железо, окись и закись железа и кремнезем. Содержание железа для остаточных руд первой разновидности по отдельным пробам (на некоторых участках) колеблется от 40 до 68—70%. Среднее содержание железа для этих руд по отдельным участкам колеблется от 47 до 66%.

Среднее содержание в рудах кремнезема колеблется от 4,5 до 13%, глинозема — от 1,7 до 9%, окиси кальция — от 1 до 5%, окиси магния — от 0,3 до 1%, окиси марганца — от 0,15 до 0,5%, щелочей от 0,10 до 1,5%, окиси углерода — от 3 до 9%, окиси титана —от 0,02 до 0,17%, потери при прокаливании — от 6 до 10%, серы — от 0,04 до 0,7%, фосфора — от 0,02 до 0,1%, мышьяка — от 0 до 0,018% и воды (кристаллизационной) — от 1,7 до 2,5%.

Химический состав руд второй разновидности (линейный тип коры выветривания) также плохо изучен. Пробы по этим рудам проанализированы на железо. Содержание железа в этих рудах (по отдельным пробам) колеблется от 50 до 60%.

Химические анализы богатых железных руд на другие элементы не производились. Спектральные анализы этих руд показывают наличие в них (в виде следов и слабых линий спектра): меди, свинца, цинка, никеля, хрома, серебра, молибдена, олова, ванадия, бериллия, бария, циркония, стронция и германия. Эти руды подверглись спектральным анализам, кроме того, на следующие элементы: теллур, сурьму, кадмий, кобальт, таллий, ниобий, висмут, индий, галлий, вольфрам, литий и скандий. Но ни один из этих указанных элементов в остаточных рудах не был обнаружен.

В осадочных железных рудах этими же анализами, кроме установленных для остаточных руд элементов, дополнительно обнаружены: кобальт, вольфрам, галлий и литий. Не установлен спектральными анализами в осадочных рудах молибден и все те другие элементы, которые не были также обнаружены и в остаточных рудах.

3. Гипогенные железные руды

В 1954 г. на Лебединском участке КМА Курской геологоразведочной экспедицией треста «Курскгеология» в процессе детальной разведки железистых кварцитов и богатых остаточных железных руд были обнаруже-

ны магнетито-карбонатные руды. Эти руды залегают в виде секущих жил различной мощности среди железистых кварцитов. На контакте этих жил и даек с вмещающими породами (железистыми кварцитами и кристаллическими сланцами) почти всегда образуется небольшая приконтактовая (осветленная, пиритизированная или хлоритизированная) зона. Руды эти плотные, имеют темный цвет и тонкозернистое строение, массивные и лишь в редких случаях среди них намечается слабое рассланцевание. Минералогический и химический состав этих руд пока плохо изучен. Предварительными исследованиями установлено, что эти руды состоят из магнетита, карбонатов (сидерита и др.) и силикатов. Среднее содержание железа в этих рудах невелико и колеблется от 35 до 40%, содержание кремнезема низкое (5—8%), содержание окиси кальция и окиси магния высокое и поэтому эти руды могут быть отнесены к типу самоплавких руд.

В зоне коры выветривания эти руды, так же как и железистые кварциты, подвергаются окислению и выщелачиванию. Магнетит переходит в мартит, железистые карбонаты (сидерит) и силикаты также замещаются окислами и гидроокислами железа (гематитом, гетитом и гидрогетитом), кремнезем выщелачивается.

Генезис этих руд окончательно пока не установлен. Среди сотрудников Курской экспедиции существует две точки зрения на генезис этих руд. А. А. Прозоровский и И. Д. Кармазин считают, что эти руды являются гидротермальными образованиями, а Б. Д. Клагиш приписывает этим рудам осадочно-метаморфический генезис, так как, по ее мнению, эти руды располагаются среди железистых кварцитов совершенно согласно и обладают такой же тонкой слоистостью, как и железистые кварциты. Наши полевые наблюдения приводят пока к выводу о том, что точка зрения А. А. Прозоровского и И. Д. Кармазина о гидротермальном генезисе этих руд является более обоснованной. Б. Д. Клагиш пытается доказать осадочно-метаморфическое происхождение этих магнетито-карбонатных руд тем, что подобные, по ее мнению, руды, встреченные в скважине № 961, обладают такой же тонкой слоистостью (полосчатостью), как и вмещающие их железистые кварциты, и залегают совершенно согласно с этими кварцитами. Ошибочность взгляда Б. Д. Клагиш на генезис указанных руд происходит, по нашему мнению, из-за того, что она неправильно берет для сравнения более или менее сходные по минералогическому составу два различных генетических типа руд. Руды, вскрытые скважинами №№ 1017, 1018, 1027 и другими, по своим условиям залегания, форме рудных тел (секущие жилы, сопровождающиеся изменением боковых пород), текстуре (массивной) и генезису резко отличаются от слоистых, согласно залегающих с вмещающими породами руд, которые были обнаружены в скважине № 961. Эти руды хотя и отличаются высоким содержанием железа (51%), окиси магния и окиси кальция и низким содержанием кремнезема от вмещающих их железистых кварцитов, однако имеют с ними тесную генетическую связь, так как образовались первоначально в процессе осадконакопления вместе с железистыми кварцитами. Позднее, повидимому, эти руды (вернее пропластки железистых кварцитов) при метасоматических процессах были обогащены железом, магнием и кальцием и обеднены кремнеземом. Поэтому эти руды мы и называем метасоматическими в отличие от контактовометасоматических магнетитовых руд, которые образовались на контакте интрузивных тел (гранитов, диоритов и др.) с вмещающими породами.

Гидротермальные руды, подобные рудам Лебединского участка (скв. № 1017, 1018 и 1027), встречаются, повидимому, и на Короб-

ковском участке КМА. При просмотре керна в скважине № 0117 были обнаружены массивные красные железняки, имеющие зернистое строение (фиг. 119). Эти железняки образовались, очевидно, при окислении массивных гипогенных магнетито-карбонатных руд, которым совершенно не свойственна слоистая (полосчатая) текстура. Но эти руды могут быть и осадочными образованиями, так как при просмотре прозрачных шлифов этих руд под микроскопом изредка наблюдаются округлые, повидимому, окатанные гематитовые зерна, наряду с неокатанными зернами гематита. Поэтому для отнесения этих руд к гидротермальным или к осадочным (песчанистым) образованиям у нас пока нет достаточных фактических данных.

В конце 1954 г. на Веретенинском участке Льговской геологоразведочной экспедицией Министерства геологии и охраны недр СССР среди толщи свежих железистых кварцитов были обнаружены богатые железные руды (в скважинах № 710 и № 804).

По сообщению главного геолога этой экспедиции И. П. Калинина эти руды были вскрыты буровой скважиной № 710 на глубине 222 м. Руды покрываются обычными железистыми кварцитами. Скважина № 710 прошла по этим рудам 25 м и на глубине 247 м снова вошла в железистые кварциты. Учитывая угол наклона этой скважины, И. П. Калинин определяет истинную мощность руд в 18—19 м.

Руды имеют брекчиевидное сложение. Содержание железа в этих рудах колеблется от 50 до 69%, среднее содержание железа равно 56,5%, содержание кремнезема колеблется от 1 до 15% и в среднем равно 6,5%. Анализы этих руд на другие элементы пока не производились.

Микроскопические исследования руд показали, что они состоят главным образом из железного блеска, магнетита и кальцита. Кроме того, в них присутствуют биотит, кварц и апатит. Биотит представлен двумя разновидностями — оранжевой и зеленой, причем оранжевый биотит встречается во всех шлифах и иногда в значительном количестве, а зеленый биотит встречается реже и в незначительном количестве. Кварц встречается в рудах редко и в незначительном количестве. Апатит встречается в виде отдельных зерен в ассоциации с кальцитом и биотитом. Но иногда этот минерал слагает отдельные участки среди руд. Для железного блеска этих руд, характерны групповые двойники (по различным направлениям), что может являться поисковым признаком для подобных гипогенных руд.

Брекчиевидная текстура этих руд наблюдается под микроскопом и невооруженным глазом. В минералогическом составе железистых кварцитов, залегающих над этими рудами и под ними, встречены те же минералы, что и в рудах. Однако в кварцитах наблюдается большое количество кварца и меньшее количество кальцита и весьма редко в них встречается апатит.

Вопрос о генезисе этих руд окончательно еще не решен, но уже в настоящее время можно сказать, что эти руды образовались в гипогенных условиях; они приурочены, повидимому, к зоне тектонического дробления среди толщи железистых кварцитов.

И. П. Калинин относит эти руды к гидротермальным образованиям. С его трактовкой генезиса этих руд следует согласиться. Гидротермальные растворы, повидимому, могли только свободно циркулировать среди железистых кварцитов в зоне дробления и эти же растворы могли обогатить железистые кварциты железом и выщелочить из них кварц.

Вопрос о генезисе этих руд может быть решен окончательно только при дальнейшем их изучении. На Яковлевском (скв. № 56) и Коробков-

ском участках обнаружены пока небольшие жилы магнетита контактово-метасоматического генезиса.

4. О генезисе остаточных железных руд

Генезис остаточных железных руд КМА объяснялся геологами по-разному. Одни склонны были приписать этим рудам гидротермальное происхождение, а другие (их большинство) относили остаточные руды к гипергенным образованиям. Так, например, В. С. Дуброва в книге «Главнейшие железорудные месторождения СССР» (т. I) писала, что «имеются косвенные признаки, позволяющие рудные залежи КМА относить к гидротермальному генезису, в силу чего продолжаться руды могут на значительную глубину». В качестве обоснования своих взглядов она ссылалась: 1) на сходство текстуры и структуры этих руд с текстурой и структурой железистых кварцитов; 2) на согласное залегание руд и железистых кварцитов и 3) на присутствие в одном рудном шлифе халькопирита и пирротина.

Следует отметить, что эта, по нашему мнению, совсем не обоснованная точка зрения на генезис остаточных руд КАМ не нашла себе сторонников среди геологов, которые занимаются детальным изучением этих руд.

Однако такой же взгляд на генезис подобных богатых руд (красных железняков) Кривого Рога защищается в литературе Н. П. Семененко и Я. Н. Белевцевым [2, 3].

Эти исследователи считают, что красные железняки Кривого Рога, залегающие среди железистых кварцитов («железистых роговиков» и «джеспилитов») и уходящие на большую глубину, образовались в результате гидротермально-метасоматических процессов. По их мнению, через толщу железистых кварцитов по трещиноватым зонам циркулировали гидротермальные растворы, которые растворяли и выносили из этих кварцитов кварц и обогатили их железом.

В результате этого образовались все богатые мартитовые, гематитовые и гидрогематитовые руды Криворожского бассейна.

Такая точка зрения на генезис богатых руд (красных железняков) Кривого Рога противоречит фактам и является необоснованной. Авторы этой точки зрения не принимают в расчет при определении генезиса красных железняков Криворожья ни порошковатое состояние отдельных типов руд, ни большую пористость красных железняков, обусловленную выносом из железистых кварцитов кремнезема и других элементов при образовании богатых руд и совершенно не присущую гидротермальным образованиям, ни наличие мартита, землистого (порошковатого) гематита и даже гидрогематита в этих рудах, которые не являются гипогенными минералами, а образуются в гипергенных условиях.

Если можно еще отстаивать гидротермальное происхождение мартита, то нельзя относить гидрогематит к гипогенным минералам (как это делает Я. Н. Белевцев) [2], так как он образуется только в гипергенных условиях и никогда не встречается среди гипогенных месторождений. А если он иногда и обнаруживается в гидротермальных контактовых или других гипогенных месторождениях, то он, несомненно, всегда носит вторичный характер.

При гидротермальных процессах всегда образуются присущие им минеральные ассоциации. Но в Кривом Роге при образовании богатых руд гидротермальным путем, как это предполагает Я. Н. Белевцев, гидротермы по каким-то причинам не образовали никаких минералов, присущих

гидротермальным процессам, а произвели лишь выщелачивание кварца из железистых кварцитов и окислили магнетит в этих кварцитах.

Этот взгляд на гидротермальное образование красных железняков Криворожья противоречит природе самих гидротерм, с которыми связано в земной коре образование различных (главным образом жильных) месторождений полезных ископаемых. Таким образом, Я. Н. Белевцев [2] приписывает совсем другую, не присущую гидротермам роль. Окисление магнетита железистых кварцитов и вынос из них кремнезема без образования каких-либо гипогенных минералов может происходить (и обычно всегда происходит) при выветривании этих кварцитов в гипергенных условиях под действием грунтовых вод и кислорода воздуха.

Достаточно указать на такие общеизвестные факты, как залегание мартитовых руд на поверхности многих контактово-метасоматических месторождений магнетита (Урала, Казахстана, Сибири), чтобы убедиться в том, что окисление магнетита и превращение его в мартит происходит в зоне окисления при обычной температуре. Мартитизация магнетита на этих месторождениях всегда начинается с поверхности магнетитовых залежей под действием грунтовых вод и кислорода воздуха, и в тех случаях, когда эти агенты выветривания действуют продолжительное время на магнетитовые залежи, то на них образуется довольно мощная зона окисления, сложенная мартитовыми рудами. На всех этих месторождениях мартитовые руды книзу постепенно (через зону полуокисленных, «полумартитовых», руд) переходят в свежие неокисленные магнетиты. Все исследователи совершенно обоснованно считают, что эти мартитовые руды образуются не в результате каких-то гипогенных процессов, а в результате окисления магнетитовых залежей в поверхностных условиях.

Кварц, как это установлено многочисленными опытами (В. Т. Пальвельевым и др. в лаборатории гипергенных процессов Института геологических наук АН СССР под общим руководством И. И. Гинзбурга), растворяется даже в чистой воде при обычной температуре, но процесс растворения его происходит наиболее интенсивно, если в воду добавляется небольшое количество щелочей. На совещании по Криворожскому железорудному бассейну (октябрь 1954 г.) И. И. Гинзбург в своем сообщении указывал на то, что кварц сравнительно легко растворяется грунтовыми водами. Растворение кварца грунтовыми водами зависит «не только от pH, но также и от температуры, размера зерен и присутствия тех или иных электролитов. Грунтовые воды могут содержать относительно весьма большие количества SiO_2» (от 8 до 81 мг/л). Кремнезем также сравнительно легко выщелачивается грунтовыми водами из силикатов. При выветривании ультраосновных (змеевиков) и основных (габбродиабазов и др.) пород, происходящих при обычной температуре, образуется на поверхности этих пород сильно ожелезненная рыхлая кора выветривания. Большая часть кремнезема, а также кальция и магния выносится из этой верхней зоны коры выветривания и мигрирует вниз. На Урале, в Казахстане, на Кавказе и в других районах на ультраосновных породах под рыхлой (охристо-железистой) корой выветривания образуется чаще всего окремнелая зона, где кремнезем, принесенный в растворенном состоянии холодными грунтовыми водами из верхних горизонтов коры выветривания, отлагается в виде опала, хальцедона, а иногда даже в виде горного хрусталя. Процесс выветривания различных горных пород происходит при обычной температуре и вынос кремния и других элементов (магния, кальция, алюминия) происходит под действием грунтовых вод без какого-либо участия гидротерм. Богатые железные руды (красные железняки) в Саксаганском и других районах Кривого Рога по существу представляют собой кору выветривания железистых кварцитов и

других генетических типов железных руд (гидротермальных и контактово-метасоматических магнетитовых и карбонатно-магнетитовых руд), которые встречаются в Кривом Роге среди этих кварцитов и, повидимому, среди кристаллических сланцев, и попадают в зону выветривания.

В Кривом Роге и на КМА такие красные железняки, т. е. которые образовались не вследствие окисления и выщелачивания железистых кварцитов, а за счет окисления различных гипогенных (магнетитовых и карбонатно-магнетитовых) руд, резко отличаются своим массивным (неслоистым) сложением от красных железняков, образовавшихся за счет железистых кварцитов и обладающих обычно остаточной полосчатой текстурой. Следует, однако, особо подчеркнуть, что такие красные железняки в Кривом Роге и на КМА имеют ограниченное распространение и в общем балансе запасов красных железняков этих бассейнов играют незначительную роль. Что же касается слепых залежей богатых железных руд, которые наблюдаются в Кривом Роге и не выходят непосредственно на дневную поверхность, то они также образовались в результате выветривания железистых кварцитов на глубине при проникновении с поверхности по трещинам грунтовых вод, которые произвели выщелачивание из этих кварцитов в карцевых и силикатных прослойков и окисление магнетита. Подобного рода «слепые» гипергенные образования среди ультраосновных пород И. И. Гинзбург называет корой выветривания сложного типа (или сложной корой). Сложная кора выветривания имеется в Уфалейском районе на Урале, где под свежими змеевиками на большой глубине (250—300 м) обнаруживаются совершенно рыхлые продукты коры выветривания змеевиков, которые представляют собой силикатные руды никеля.

Аналогичные слепые залежи богатых железных руд обнаружены на Кременчугском месторождении, которые справедливо рассматриваются М. Н. Доброхотовым как гипергенные образования среди толщи железистых кварцитов.

Все изложенное и многие другие факты как по Кривому Рогу, так и по другим районам Советского Союза, где на различных породах развита кора выветривания, имеющие решающее значение для установления правильного генезиса красных железняков Криворожья, не учитываются и не принимаются во внимание некоторыми криворожскими геологами и потому они приходят, по нашему мнению, к ошибочным выводам о гипогенном происхождении этих руд.

За последнее время появился ряд работ, в которых авторы считают взгляд Н. П. Семененко и Я. Н. Белевцева на генезис богатых руд Кривого Рога необоснованным и доказывают гипергенное происхождение этих руд. Д. С. Коржинский [14], Л. И. Мартыненко [17], Б. Н. Котляр [15] и М. Н. Доброхотов [11] считают, что богатые руды Криворожья образовались в результате гипергенных процессов и справедливо относят их к коре выветривания железистых кварцитов. Д. С. Коржинский указывает, что «гидрогематит при эндогенных процессах никогда не образуется». «Мучнисто-сыпучий кварц (маршалит), типичный для коры выветривания и для саксаганских окисленных толщ, никогда не образуется при гидротермальных процессах» и далее «выщелачивание кремнезема при эндогенных процессах встречается редко и всегда очень ограниченно... наоборот, для коры выветривания выщелачивание кремнезема очень типично... Гидротермальные и метаморфические процессы, как правило, приводят к цементации горных пород, с выполнением пор. Пористые, но все же прочные, устойчивые породы возникают лишь при процессах сольфаторной аргиллизации, вблизи поверхности. Пористые до полурыхлых

породы Саксаганского участка очень типичны для коры выветривания, но не для гидротермальных или метаморфических образований» [14].

Некоторые геологи Криворожья, как, например, Г. В. Тохтуев, правильно считают, что происхождение многообразных богатых руд нельзя объяснить какой-либо одной генетической теорией. В формировании этих руд участвовали многие геологические процессы.

Такой дифференцированный подход к расшифровке генезиса различных генетических типов богатых руд Криворожья (красных и бурых железняков, магнетитовых и амфиболо-магнетитовых руд) является совершенно правильным.

Ведь известно, что в Кривом Роге, кроме красных железняков, которые являются наиболее распространенным типом и составляют главную массу запасов богатых железных руд бассейна, имеются еще богатые руды, представленные магнетитовыми и амфиболо-магнетитовыми разностями.

Относительно гипогенного генезиса магнетитовых и амфиболо-магнетитовых руд, который справедливо приписывают этим рудам геологи Криворожья, не возникает никаких сомнений, и взгляд геологов Криворожья на генезис этих руд является вполне обоснованным. Возражения вызывает главным образом взгляд на гидротермальный генезис красных железняков Криворожья. Н. П. Семененко и Я. Н. Белевцев относят к коре выветривания лишь только самую верхнюю зону богатых железных руд Кривого Рога (до глубины 30—60 м), которая представлена преимущественно бурыми железняками (гетитом, гидрогетитом и гидрогематитом). По их мнению, эта верхняя зона представляет кору выветривания гидротермально образовавшихся красных железняков. Верхняя же зона этой коры выветривания (т. е. зоны красных железняков) в некоторых местах (на Ингульце и других участках) подверглась более усиленной гидратации и при этом мартит переходил вначале в гидрогематит, а затем в гетит и гидрогетит. Поэтому красные и бурые железняки Криворожья образовались в результате одних и тех же гипергенных процессов и представляют собой кору выветривания железистых кварцитов, причем красные железняки образовались раньше, а бурые железняки возникли несколько позднее, при гидратации (обводнении) красных железняков.

Н. П. Семененко и Я. Н. Белевцев [2] совершенно справедливо указывают на то, что богатые руды (красные железняки) Криворожья приурочены преимущественно к замкам крупных синклиналей и зонам смятия. По этим складчатым и трещиноватым зонам смятия, по мнению этих исследователей, могли более свободно циркулировать гидротермальные растворы, которые и обусловили образование красных железняков. Однако по этим же трещиноватым зонам смятия могли проникать и циркулировать на большую глубину и грунтовые воды. В районе озера Верхнего [39] так же, как и в Кривом Роге, залежи красных железняков известны до глубины 1200 м.

В пределах синклинальных складок могут локализироваться грунтовые воды. На это указывает и Ройс для района озера Верхнего, где в синклинальных или других желобообразных структурах с относительно водонепроницаемым дном должны локализоваться «нисходящие воды» [42].

Я. Н. Белевцев [2] пишет, что «руды Саксаганского района образовались в зонах смятия за счет интенсивного выноса кремнезема и привноса железа гидротермальными растворами». Далее он в этой же работе пытается объяснить, что «процесс выноса кремнезема был очень широк и очень часто не восполнялся привносом железа, вследствие чего руды этого типа приобрели пористость в 15—30% при пористости джеспилитов и роговиков в 2—3%».

Выше мы уже указывали на то, что растворение и вынос кварца из железистых кварцитов Кривого Рога, КМА и других месторождений (с образованием при этом богатых железных руд—красных железняков) происходит под действием грунтовых вод и потому нет никакого смысла привлекать для этой цели какие-то несуществовавшие гидротермальные растворы, как это делает Я. Н. Белевцев.

Не подтвержденным фактическими данными является также заключение Я. Н. Белевцева и относительно привноса железа гидротермальными растворами в толщу железистых кварцитов при формировании «богатых мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд Саксаганского района».

При выщелачивании и выносе кремнезема, глинозема, кальция, магния и щелочей, которые находились в составе железистых кварцитов, на месте оставались почти одни лишь железорудные минералы (мартит, железный блеск и реже магнетит), которые слагают самостоятельные железорудные прослойки в железистых кварцитах или образуют вкрапленность в кварцевых и силикатных прослойках. Кроме того, на месте же оставалось и то железо, которое освобождалось из силикатов при их окислении и разрушении.

При выносе из железистых кварцитов указанных компонентов эти кварциты могли превращаться в богатые железные руды (красные железняки) и без какого-либо привноса железа извне. Зная минералогический и химический состав свежих железистых кварцитов, можно очень легко подсчитать и убедиться в том, что при исходном среднем содержании железа в этих кварцитах от 25 до 35% и при удалении из их состава значительного количества (или полного удаления) нерудных компонентов (кремнезема, глинозема, кальция, магния и щелочей) из этих железистых кварцитов без всякого привноса железа могут образоваться богатые железные руды с содержанием железа от 54 до 65 и даже до 68—70%. Но как выше было сказано, среди красных железняков Кривого Рога редко встречаются массивные (неслоистые) руды, которые произошли в результате гипогенных процессов, и при выветривании они вместе с вмещающими их железистыми кварцитами были окислены и превращены в красные железняки. Однако эти руды при своем возникновении не могли обогатить железом всю ту массу железистых кварцитов, которые позднее были превращены в богатые железные руды.

Что же касается пористости богатых железных руд Кривого Рога, то эта пористость, конечно, не соответствует в процентном отношении тем порам и пустотам, которые должны были образоваться в красных железняках при выщелачивании кварцевых прослойков и силикатов из железистых кварцитов при формировании богатых руд. Но это несоответствие пористости в рудах обусловлено не привносом железа «гидротермальными растворами» и заполнением этим железом части образовавшихся пор, как это полагает Я. Н. Белевцев [2], а тем, что образовавшиеся поры и пустоты при выщелачивании и выносе кремнезема и других компонентов из толщи железистых кварцитов были уменьшены при уплотнении весьма пористых богатых железных руд вследствие статического (бокового и вертикального) давления пород, при некотором увеличении объема мартита в сравнении с объемом магнетита, за счет которого этот мартит образовался, и при гидратации некоторой части мартита с образованием гидрогематита.

Нельзя также никак согласиться и с таким предположением Я. Н. Белевцева, когда он считает, что «гидротермальные растворы, свидетелями которых являются многочисленные кварцевые, кварцево-железистые и кварцево-сульфидные жилы, поднимались по складчатым зонам, при-

уроченным к замкам синклинальных складок, и затем расходились по более узким путям, уходя на значительное расстояние от главных подводящих каналов. Гидротермальные воды, имея слабощелочной состав (pH равно 8), проникали по тонким порам внутри складчатых зон, входили с породами в соприкосновение, при этом растворяли и уносили кремнезем, одновременно окисляя магнетит до состояния мартита» [2].

В связи с этим следует отметить, что гидротермальные жилы, которые фиксируются кое-где в толще железистых кварцитов Кривого Рога и Курской магнитной аномалии никакого отношения не имеют к процессам формирования красных железняков этих железорудных бассейнов, так как эти гидротермальные жилы не имеют широкого распространения в Кривом Роге и на КМА, обладают небольшой мощностью и не являются многочисленными (как об этом пишет Я. Н. Белевцев), а встречаются довольно редко среди железистых кварцитов. Эти жилы образовались в толще железистых кварцитов значительно раньше, чем начали формироваться красные железняки за счет этих кварцитов и при выветривании кварцитов все эти жилы были также окислены.

В связи с противоречивыми взглядами на генезис богатых железных руд (красных железняков) Кривого Рога следует отметить, что до сих пор еще нет опубликованных и фондовых материалов, где бы были изложены результаты детального минералогического изучения криворожских руд. Поэтому в большинстве случаев суждения о генезисе руд, исходившие главным образом от сторонников гидротермальной точки зрения, основывались не на детальном изучении минералогии и геохимии руд (без чего вообще невозможно серьезно подходить к установлению генезиса любого месторождения), а на соображениях о пространственном размещении этих руд и на общих геологических рассуждениях.

Исследуя богатые руды Кременчугского месторождения, находящегося в северной части Криворожского бассейна, М. Н. Доброхотов [11] пришел к вполне обоснованному и правильному выводу о гипергенном происхождении кременчугских богатых руд (красных железняков). Он указывает, что в Кременчугском месторождении, так же как и на месторождениях Саксаганского района (Криворожье) «богатые железные руды развиваются почти всегда только среди железистых кварцитов и обнаруживают самую тесную связь со вторичными изменениями этих пород. Эта связь богатых железных руд с железистыми кварцитами определяет общие закономерности их площадного распространения. Выражением этой закономерности является хорошо известный факт, что богатые железные руды криворожского типа не встречаются среди площадей сланцев, песчаников, безрудных кварцитов, доломитов, гранитов. Их развитие почти всегда ограничено лишь площадями распространения железистых кварцитов». Это вполне обоснованное утверждение М. Н. Доброхотова не совпадает и резко противоречит взглядам Н. П. Семененко, Я. Н. Белевцева о гидротермально-метасоматическом происхождении богатых руд (красных железняков) Кривого Рога. Поэтому мы с бóльшим основанием можем утверждать, что красные железняки Кривого Рога, Кременчугского месторождения и бассейна КМА представляют собой кору выветривания железистых кварцитов и отчасти других генетических типов железных руд, которые располагались в толще железистых кварцитов.

Переходя к освещению генезиса богатых железных руд бассейна КМА, следует прежде всего отметить, что весь большой коллектив геологов, занимающийся изучением железорудного бассейна КМА (во главе с И. А. Русиновичем, А. А. Прозоровским и С. Ф. Борисовым), вполне обоснованно и правильно относит все остаточные богатые железные руды Курской магнитной аномалии к гипергенным образованиям.

Наиболее подробный взгляд на генезис этих остаточных руд изложил в своих неопубликованных работах И. А. Русинович. В своей опубликованной работе И. А. Русинович [22] изложил лишь кратко взгляд на гипергенное происхождение богатых руд КМА. Взгляд И. А. Русиновича на генезис остаточных руд принимается всеми геологами КМА при выяснении условий образования остаточных руд того или иного железорудного участка КМА. Многие положения И. А. Русиновича являются вполне приемлемыми, так как они хорошо подтверждаются фактическими данными, но некоторые рассуждения его при описании генезиса богатых руд являются дискуссионными и не могут быть подтверждены геологическими фактами. Поэтому мы считаем необходимым более подробно остановиться на существе положений И. А. Русиновича и попутно изложить нашу точку зрения на генезис богатых руд КМА.

Для удобства изложения краткого содержания взглядов И. А. Русиновича и их критического анализа мы считаем целесообразным начать с разбора основных его положений. И. А. Русинович пишет, что «руды КМА являются результатом изменения голов железистых кварцитов и залегающих среди них прослоев сланцев в условиях земной поверхности. При этом общность минералогического состава железных руд и нижних слоев «пород неизвестного возраста» (осадочные породы среднего девона. — *М. К.*), выражающаяся в богатстве как тех, так и других в Старооскольском районе сидеритом, а в Новооскольском районе — хлоритом и кальцитом, а также существующие их взаимоотношения, т. е. залегание сидеритовых песчаников и хлорито-кальцитовых песчаников непосредственно на поверхности докембрия, указывает на то, что образование железных руд генетически связано с седиментацией в Старооскольском районе сидеритовых и в Новооскольском районе — хлоритовых и кальцито-хлоритовых песчаников. Отложение этих пород вероятнее всего мыслить, соответственно, в условиях сидеритовой и шамуазитовой геохимической фаций крупных водных бассейнов, связанных с морем. Именно их физико-химическая обстановка подводного выветривания и обусловила как отложение соответствующих пород (осадочных — *М. К.*), так и обогащение голов железистых кварцитов железом. Обращаясь к вопросу о времени существования этих необходимых для рудообразования условий, напомним, что исходя из литологического сходства и аналогичности стратиграфического наложения слоев щигровского горизонта и «пород неизвестного возраста» Старооскольского района, время отложения последних, а отсюда и время рудообразования в Старооскольском районе вероятнее всего надо относить к началу седиментации щигровского горизонта. Если же допустить, что рудообразование на всей северо-восточной полосе КМА, т. е. в Старооскольском и Новооскольском районах, происходило одновременно, а это вероятнее всего, то и породы неизвестного возраста Новооскольского района мы должны отнести также к низам щигровского горизонта. Это станет более понятным, если учесть, что как сидеритовые, так и шамуазитовые песчаники могут явиться продуктом двух смежных геохимических фаций моря. На основании изложенного выше фактического материала, а также геологического прошлого Воронежского горста, история образования железных руд Курской магнитной аномалии представляется в следующем виде.

Первый этап. На протяжении кембрийского, силурийского и нижне- и частично среднедевонского периодов докембрийские породы северо-восточной полосы КМА подверглись интенсивному континентальному выветриванию. Это привело к тому, что к моменту трансгрессии щигровского моря, т. е. к началу отложения «пород неизвестного возраста», головы магнетитовых кварцитов на большую глубину оказались

сильно трещиноватыми и доступными проникновению в них поверхностных растворов. В это же время в условиях существовавшей окислительной обстановки происходит хлоритизация цветных силикатов, окисление магнетита в мартит и разложение существовавших в докембрийских породах первичных сульфидов, главным образом пирита. В наиболее близких к поверхности земли частях хлорит разлагается в красные и бурые гидроокислы железа. Этим обусловливается образование за счет мартито-силикатных сланцевых прослоев руд типа «краски».

Второй этап. В начале отложения слоев щигровского горизонта окислительный континентальный режим в Старооскольском районе меняется на восстановительный — сидеритовый, а в Новооскольском районе — шамуазитовый, геохимических фаций. В результате сложного гальмиролиза идет выветривание голов кварцитов и в Старом Осколе создались интенсивные сидеритизированные, а в Новом Осколе хлоритизированные и кальцитизированные минеральные агрегаты, слагающие почти всю массу богатых руд Курской магнитной аномалии. Именно протекавшие с поверхности по сильно трещиноватым кварцитам сидеритовые, хлоритовые и кальцитовые растворы растворяли кварц и силикаты и вместо них отлагали в Старооскольском районе сидерит, а в Новооскольском — шамуазит и кальцит. К концу этого процесса рудообразования, когда доступ растворов на глубину в кварциты был затруднен, часть хлорита и сидерита отложилась в виде хлорито-кальцитовых песчаников. В последующие моменты седиментации щигровских слоев происходит обмеление бассейна с накоплением терригенного материала. Это повлекло к изменению физико-химической обстановки, и рудообразование прекращается.

Третий этап. На протяжении времени от конца отложения щигровских слоев до момента отложения верхнеюрских отложений в Старооскольском районе вероятнее всего существовал континентальный режим, сопровождавшийся интенсивным размывом. В результате этого размыва щигровских слоев сохранились лишь отдельные небольшие пятна самых нижних слоев, которые выше были охарактеризованы под названием «пород неизвестного возраста». В это же время не менее сильному размыву подвергалась и рудная зона, которая на большей площади была смыта совершенно и уцелела лишь в виде разрозненных сравнительно небольших клочков, представляющих современные рудные залежи. Получившийся при этом рыхлый рудный материал был перенесен в более низкие части рельефа и дал начало образования залегающих на сланцах переотложенных руд. В этот же континентальный период, параллельно с размывом, циркулирововавшими в средней и нижней частях рудной зоны, грунтовыми водами производится выщелачивание сидерита. Это обусловливает образование бедных сидеритом рыхлых мартитовых руд «синьки». Верхняя часть рудных залежей, находящаяся выше уровня грунтовых вод, сохранилась в виде плотных богатых сидеритом сидерито-мартитовых руд. Во время третьего этапа, характеризующегося окислительной обстановкой континентального режима, так же как и в первом этапе, до отложения щигровских слоев, происходят процессы окисления и гидратации минералов рудной кристаллической толщи. Этот процесс, кроме хлоритизации и окрасковання, находит свое выражение в частичном разложении сидерита и принесенного с ним пирита в бурые гидроокислы железа. В Новооскольском районе континентальный режим был значительно короче и продолжался лишь до отложения осадков нижнего карбона. Здесь имели место те же процессы размыва и разложения, что и в Старооскольском районе.

Четвертый этап. В период отложения в Новооскольском районе нижнекаменноугольных, а в Старооскольском районе верхнеюрских сильно пиритизированных отложений (в обоих случаях, связанных с морскими бассейнами), рудная зона притекавшими с поверхности водными растворами была загрязнена пиритом, окончательно завершающим формирование современного облика минералогического состава руд. Одновременно с этим, а также в последующие периоды, уцелевшие от размыва рудные тела покрываются мощным покровом осадочных отложений, сохранивших их до наших дней».

Из изложенного видно, что И. А. Русинович совершенно правильно указывает на то, что богатые руды КМА образовались за счет окисления и выщелачивания железистых кварцитов в длительный континентальный период, продолжавшийся в районе КМА на протяжении кембрийского, силурийского и нижнедевонского периодов. Но И. А. Русинович совершенно не прав, когда он пытается во втором выделенном им этапе связать выветривание железистых кварцитов и образование сидеритизированных и хлоритизированных богатых руд КМА с процессом сложного гальмиролиза (подводного выветривания) в период отложения щигровских слоев в среднедевонском.

Прежде всего мы должны указать на несостоятельность и необоснованность такого взгляда на образование остаточных руд в период господства морского режима в районе КМА. Что же касается выделенных автором этапов рудообразования, то необходимо отметить, что само это разделение на четыре этапа, во время которых формировались железные руды в Старооскольском и Новооскольском районах, является весьма удачным. К недостаткам этого выделения следует все же отнести схематичность этапов и отсутствие увязки с некоторыми этапами основных физико-химических процессов, которые играли решающую роль в образовании остаточных руд.

Можно было бы, например, выделить еще несколько историко-геологических этапов, во время которых развивались различные процессы, сыгравшие весьма важную роль при формировании руд в среднем и верхнем девоне, в карбоне, юре и мелу.

Относительно процессов рудообразования, которые, по мнению И. А. Русиновича, протекали в каждый из выделенных им исторических этапов, можно сказать, что они излагаются не всегда обоснованно. Так, например, автор совершенно ничего не говорит о растворении и выносе кварца из железистых кварцитов в период первого чрезвычайно продолжительного этапа, длившегося от протерозоя до среднего девона. В этот длительный континентальный период (этап), по мнению автора, произошло лишь образование трещиноватости среди железистых кварцитов, окисление магнетита и переход его в мартит, хлоритизация цветных силикатов и частично образование руд типа «краски за счет выветривания сланцев». Однако выщелачивание и вынос кварца из железистых кварцитов в этот период являлось самым основным процессом, приведшим к образованию остаточных богатых руд КМА.

В период второго этапа, т. е. когда район покрывается среднедевонским морем и на территории КМА отлагаются щигровские слои (как теперь выяснилось, эти слои являются старооскольскими), по мнению автора, происходит образование остаточных руд. Они формируются, как он об этом пишет, в результате «сложного подводного выветривания» («сложного гальмиролиза») голов железистых кварцитов. При этом создавалась восстановительная среда и протекавшие с поверхности по сильно трещиноватым кварцитам сидеритовые, хлоритовые и кальцитовые растворы растворяли кварц и силикаты и отлагали (среди «трещиноватых» голов

железистых кварцитов. — *М. К.*) в Старооскольском районе сидерит, а в Новооскольском — шамуазит (хлорит. — *М. К.*) и кальцит. К концу этого процесса рудообразования, когда доступ растворов на глубину в кварциты был затруднен, часть сидерита, хлорита и кальцита отложилась в виде сидеритовых и хлорито-кальцитовых песчаников.

В этих высказываниях автора много непоследовательных и заведомо неверных положений.

И. А. Русинович совершенно не обоснованно отводит важную роль в образовании руд подводному выветриванию (гальмиролизу). Правда, в литературе прежних лет встречаются указания на большую роль подводного выветривания (названного Гумелем «гальмиролизом»), однако за последнее время большинство исследователей отказываются признать за подводным выветриванием какую-либо более или менее значительную роль в преобразовании пород.

Наши личные наблюдения в некоторых районах Урала, Казахстана и Кавказа также показали, что подводное выветривание (гальмиролиз) не имеет никакого значения в изменении пород, слагающих дно водных бассейнов. Нам приходилось наблюдать многие обнажения, где осадочные породы (юрского, мелового и третичного возраста) лежат с размывом одновременно на одних и тех же выветрелых и свежих горных породах, т. е. на тех породах, на которых местами сохранилась кора выветривания, а местами она была смыта до наступления моря и отложения осадков.

Несмотря на то что в некоторых районах, где велись наблюдения за обнажениями, свежие подстилающие породы (без коры выветривания) весьма длительное время находились под водой (от триаса до четвертичного периода) все же на них не образовалась кора выветривания и не произошло даже никаких сколько-нибудь заметных изменений.

Это указывает на то, что упомянутые породы не подверглись выветриванию под водой. Да и вряд ли где-нибудь подводное выветривание пород может происходить в сколько-нибудь значительном масштабе.

По устному сообщению М. В. Кленовой и других сотрудников Института океанологии, которые занимаются изучением геологии моря и ведут наблюдения за морскими осадками и породами, слагающими дно современных морей и океанов, подводное выветривание горных пород почти не имеет места, а если где-либо и проявляется, то в ничтожно малом масштабе. По их сведениям, породы на дне морей почти не подвергаются никаким изменениям. Даже в тех местах морей и океанов, где почти не происходит современного осадконакопления, на коренных породах дна весьма редко образуется тонкая измененная корочка или пленка, мощность которой измеряется 2—3 мм и редко 10 мм. В тех местах, где на коренные породы дна налегают осадки современных морей и океанов, такая пленка на породах вовсе отсутствует, так как эти осадки предохраняют породу от процессов изменения.

Изменение пород дна водных бассейнов (где оно наблюдается) заключается лишь в незначительном побурении этих пород, зависящем от появления в них незначительного количества свободных окислов и гидроокислов железа. Следует указать, что при этом порода (т. е. измененная корка) сохраняет полностью свою первоначальную крепость, текстуру, структуру и даже минералогический состав.

Для того чтобы дать общее представление о весьма малых (ничтожных) масштабах подводного выветривания пород, достаточно указать на то, что на дне Тихого океана, который существует с начала третичного периода (как это установлено по находкам среди его отложений зубов акул, живших в третичное время), на поверхности различных пород (гра-

нитов, порфиритов, сланцев и др.) наблюдается весьма слабо выветрелая тонкая корка, мощность которой не превышает 2—4 мм. Однако и при этом остается еще не решенным важный вопрос: образовалась ли эта корка на упомянутых породах в результате подводного выветривания или она была образована на них еще до наступления моря?

По мнению М. В. Кленовой, для подводного выветривания пород на дне озер, морей и океанов нет соответствующих условий. Как только наступает море, горные породы быстро пропитываются водой (по трещинам и порам) и на дне водоемов устанавливается определенный (часто стабильный, когда отсутствуют подводные течения) гидрохимический режим, который никак не способствует выветриванию этих пород.

Выпадающие затем из воды химические, биогенные и механические осадки покрывают большую часть пород дна и защищают эти породы от какого-либо внешнего воздействия.

Необходимо особо подчеркнуть, что выветривание горных пород под водой не может происходить в сколько-нибудь значительных масштабах главным образом потому, что в подводной среде почти полностью исключено действие основных агентов выветривания: циркулирующих грунтовых вод различного (кислого, щелочного и нейтрального) состава и свободного кислорода, которые на поверхности земли (непокрытой водой) приводят к интенсивному окислению и разложению горных пород и образованию на них довольно мощной коры выветривания.

На дне водных бассейнов среди пород, слагающих дно этих бассейнов, совершенно не происходит циркуляции грунтовых вод. В этих же условиях в большинстве случаев также весьма затруднен или вовсе невозможен свободный доступ кислорода к породам дна бассейнов.

Многие массивы докембрийских и палеозойских кристаллических пород (гранитов, диоритов, габбро, диабазов, перидотитов, змеевиков и др.) неоднократно затоплялись морем и обладали перед погружением на дне морей открытыми и иногда довольно глубокими трещинами. Однако на современных выходах указанных пород по этим трещинам не наблюдается каких-либо следов изменения в составе пород, несмотря на то, что эти трещины весьма долгое время находились под водой.

Следовательно, вода озер, морей и океанов, покрывая собой различные горные породы, защищает эти породы от действия агентов выветривания, а сама, пропитывая их по порам и трещинам, не оказывает на них никакого влияния.

Все изложенное свидетельствует о том, что мы не имеем никаких оснований считать, что остаточные руды Курской магнитной аномалии образовались путем подводного выветривания в период отложения щигровских слоев, как это допускает И. А. Русинович.

Мощность отдельных залежей этих руд достигает иногда около 300 м, а вместе со слабо окисленными железистыми кварцитами общая мощность коры выветривания на железистых кварцитах и кристаллических сланцах докембрия КМА должна превышать 400—450 м. По трещиноватым и тектонически нарушенным зонам выветривание пород могло распространяться на еще более значительную глубину.

Поэтому все то, что говорилось нами о весьма малых масштабах подводного выветривания и о полном отсутствии этого выветривания там, где породы дна прикрывались выпадающими в бассейнах осадками, никак не может быть положено в основу объяснения происхождения такой мощной коры выветривания (в том числе и остаточных железных руд) в районе КМА путем подводного выветривания в период отложения щигровских слоев.

Совершенно не обоснованным является также рассуждение цитируемого автора о том, что «сидеритовые, хлоритовые и кальцитовые растворы «протекали» с поверхности по сильно трещиноватым кварцитам и растворяли кварц и силикаты и вместо них отлагали в Старооскольском районе сидерит, а в Новооскольском — шамуазит и кальцит».

К концу этого процесса рудообразования, когда доступ растворов на глубину в кварциты был затруднен, часть хлорита и сидерита отложилась в виде сидеритовых и хлорито-кальцитовых песчаников.

Во-первых, неверной, по существу, является точка зрения автора о том, что «сидеритовые, хлоритовые и кальцитовые» растворы якобы проникали в железистые кварциты по трещинам, растворяли в них кварц и силикаты и сами отлагались вместо них. В этом, собственно, и заключается, по И. А. Русиновичу, процесс образования остаточных руд.

Но, как было уже сказано выше, остаточные руды образовались во время длительного континентального периода, когда из железистых кварцитов были вынесены циркулирующими грунтовыми водами кварц и некоторые силикаты, и только в результате этого железистые кварциты были превращены в богатые железные руды.

Сидеритизация же этих руд происходила в континентальных условиях и гораздо позднее образования остаточных руд и щигровских слоев. К моменту сидеритизации руд на них уже налегали осадки девона, карбона и юры. Сидерит в этих рудах образовался не в морской среде в процессе просачивания его в железистые кварциты из морской воды во время отложения щигровских слоев, как об этом пишет И. А. Русинович, а он образовался в них тогда, когда эти руды вместе с налегающими на них осадками освободились от моря, т. е. находились в континентальных условиях, и попадали в зону слабо подвижных или застойных грунтовых вод, т. е. в зону цементации. В этих условиях создалась благоприятная обстановка для выпадения сидерита (и пирита), который заполнял пустоты и поры среди остаточных руд.

Процесс сидеритизации руд происходил, повидимому, в несколько приемов (стадий), так как вместе с рудами иногда сидеритизации подвергались в одних случаях девонские (на Тимском, Михайловском участках), в других — каменноугольные (в Новооскольском районе) и в третьих — юрские (на Лебединском, Коробковском и Салтыковском участках) слои осадочных пород, которые располагаются на остаточных рудах.

Что же касается сидеритовых и хлорито-кальцитовых песчаников, образование которых И. А. Русинович необоснованно связывает с образованием и сидеритизацией остаточных руд за счет избыточного количества «сидеритовых и хлоритовых растворов», которые не могли уже проникать на глубину в железистые кварциты и потому отложились над этими рудами в виде песчаников, то они (песчаники) являются обычными осадочными морскими породами и образовались в среднедевонское время (старооскольские слои) вне всякой связи и независимо от процессов сидеритизации остаточных руд. Доказательством этому является то, что эти песчаники весьма редко залегают на остаточных рудах, а если иногда и залегают, то всегда с резким размывом (эрозионным несогласием). Они очень часто бывают отделены от остаточных руд слоями (иногда довольно мощными) песчано-глинистых пород, совершенно не содержащих сидерита и хлорита. Кроме того, слои этих песчаников, от самой подошвы до кровли, состоят в основном из кластического (обломочного) материала и не представляют собой хемогенных осадков, как это следовало бы ожидать, согласно толкованию генезиса этих песчаников И. А. Русиновичем.

Во-вторых, совершенно ошибочным является рассуждение автора о том, что «сидеритовые, хлоритовые и кальцитовые растворы», протекали

и растворяли кварц и силикаты. Трудно себе представить растворенными сидерит, хлорит и кальцит. Если растворить эти минералы, то они перестанут существовать как минералы и тогда можно говорить лишь о растворах железа, кальция, алюминия, магния, кремния и углерода, т. е. о растворах тех элементов, которые входят в состав указанных минералов.

В-третьих, если мы даже допустили бы, что образование остаточных руд происходило в период отложения щигровских слоев (точнее старооскольских), как это мыслит И. А. Русинович, то все же остается непонятным, почему эти минералы, как указывает автор (а точнее элементы или окислы элементов, входящих в состав этих минералов), должны проникать на большую глубину в железистые кварциты при их коагуляции и осаждении, а не отлагаться на поверхности этих кварцитов? Ведь поверхность этих железистых кварцитов является плотной и трудно проницаемой средой и коагулировавшие и оседающие частицы должны были накопляться прежде всего на этой поверхности, как это всегда бывает при осадконакоплении, а не проникать на большую глубину в железистые кварциты по порам и пустотам. Не могли они проникнуть туда даже и в том случае, если они находились в растворенном виде, так как все поры и пустоты в железистых кварцитах были заполнены водой при затоплении этих кварцитов морем и циркуляция воды в этих порах в подводных условиях не могла уже иметь места.

В третий этап формирования остаточных руд, длившийся по автору «от конца отложения щигровских слоев до момента верхнеюрских отложений существовал континентальный режим и в это время происходил размыв девонских осадочных пород и залежей остаточных руд, продукты которых отлагались в пониженных частях рельефа в виде переотложенных (осадочных) руд». И. А. Русинович совершенно правильно указывает на то, что размыв девонских осадочных пород и залежей остаточных руд происходил в континентальный период, длившийся от верхнего девона до верхней юры.

Однако следует отметить, что на всей территории Курской магнитной аномалии пока не отмечено осадочных руд, которые по возрасту относились бы к тому континентальному периоду, о котором упоминает автор, т. е. ко времени, длившемуся от верхнего девона до начала формирования верхнеюрских отложений. Возможно, что осадочные руды такого возраста на КМА и имеются, но они еще не обнаружены. Но с другой стороны, эти руды не могли иметь здесь широкого развития, так как размыву в этот период могли подвергаться лишь небольшие площади железистых кварцитов в Старооскольском и частично в Михайловском районах. В других же районах КМА размыв этих кварцитов в это время не происходил, так как все докембрийские породы были прикрыты осадками девона и отчасти карбона. Вследствие этого осадочные руды, формировавшиеся за счет продуктов размыва богатых остаточных руд и окисленных железистых кварцитов, на территории этих районов накопляться не могли. Известные же в настоящее время слои осадочных руд залегают среди девонских и юрских осадочных пород, что указывает на неоднократный размыв остаточных руд в период отложения этих пород.

В то же время необходимо отметить, что на нижнекарбоновых, верхне- и среднедевонских осадочных породах наблюдается древняя кора выветривания (мощностью от 5 до 10 м), которая вместе с другими геологическими факторами указывает на существование в районе континентального режима между указанными геологическими эпохами.

При характеристике четвертого (и последнего) этапа рудообразования автор снова повторяет ту же ошибку, которую он допустил при описании второго этапа. Эта ошибка заключается в том, что он считает, что

«рудная зона (т. е. остаточные руды) была загрязнена пиритом», который был принесен с поверхности водными растворами (точнее сказать, была привнесена сера) в период образования в Новооскольском районе верхнеюрских отложений. Он и в этом случае не учитывает того, что в морских условиях, т. е. когда шло отложение нижнекаменноугольных и верхнеюрских осадков, миграция элементов с «поверхности» в остаточные руды была невозможной ввиду того, что под водой в породах, слагающих дно моря, циркуляции грунтовых вод не происходит.

Следует еще раз подчеркнуть, что процессы пиритизации остаточных руд, как и процессы сидеритизации их, происходили в несколько приемов и могли развиваться только в континентальных, а не в морских условиях.

Подводя итоги критическому разбору точки зрения И. А. Русиновича на генезис остаточных руд Курской магнитной аномалии, следует отметить, что он в основном правильно наметил рудообразование и вполне обоснованно осветил некоторые процессы формирования остаточных руд, но одновременно с этим он допустил неверное толкование отдельных процессов и этапов (время) рудообразования.

Наша точка зрения на генезис остаточных руд описываемого района уже в значительной мере была высказана при рассмотрении отдельных положений И. А. Русиновича. Поэтому в дальнейшем мы постараемся лишь систематизировать наши взгляды.

Остаточные железные руды КМА, как было уже сказано, образовались в континентальных условиях и представляют собой кору выветривания железистых кварцитов и отчасти кристаллических сланцев.

Конечно, ни о каком гипогенном происхождении этих руд не может быть и речи, так как для отнесения их к гипогенным образованиям совершенно нет никаких данных. Попытка некоторых геологов приписать этим рудам гидротермальный генезис основана, повидимому, на недостаточном изучении этих руд и на неправильной интерпретации фактического материала.

Из всего большого коллектива геологов, которые занимаются изучением богатых железных руд КМА, лишь один М. С. Точилин пытается приписать этим рудам гидротермальное происхождение. Свою точку зрения на генезис богатых железных руд (красных железняков) КМА он не подтверждает никакими фактическими данными, а по существу пытается лишь механически перенести также ничем не обоснованный взгляд на гидротермальный генезис богатых руд Кривого Рога, который высказывается Я. Н. Белевцевым и Н. П. Семененко.

М. С. Точилин правильно относит богатые железные руды КМА к криворожскому типу, так как красные железняки Кривого Рога, Кременчуга и КМА образовались в результате одних и тех же процессов.

По мнению М. С. Точилина [30], при решении «проблемы генезиса богатых руд криворожского типа кардинальным вопросом является выяснение условий мартитизации, выноса кварца из толщ магнетитовых кварцитов и окрашивания железистых сланцев». Эти вопросы действительно являются наиболее важными при решении генезиса красных железняков, которые залегают в районах развития железистых кварцитов. Но эти вопросы можно решить сравнительно легко, если исследователь будет исходить из наблюдаемых фактов и анализировать их, а не будет искусственно усложнять эти факты. М. С. Точилин [30] усложнил факты и сделал из них совершенно не верные выводы. Для окисления магнетита железистых кварцитов, по его мнению, необходимы почему-то перегретые пары воды в отсутствии доступа кислорода воздуха, а для растворения и выноса кремнезема из железистых кварцитов требуются горячие растворы. Он пишет: «Весь фактический материал о

поведении магнетита в коре выветривания свидетельствует о чрезвычайно большой устойчивости этого минерала по отношению к агентам выветривания» [30].

Следует лишь указать М. С. Точилину на большое количество мартитовых руд, которые образуются при окислении магнетитов на поверхности контактово-метасоматических месторождений, чтобы взять под сомнение его утверждение «о чрезвычайно большой устойчивости» магнетита. Магнетит, как выше было уже сказано, может окисляться и под действием кислорода воздуха, а для растворения кварца и выноса его из железистых кварцитов (и для окисления магнетита) вовсе не требуются горячие растворы. Кремнезем выщелачивается (правда, в небольших количествах) даже простой холодной водой, а слабощелочная и углекислая вода растворяют его быстрее и в бóльших количествах.

Поэтому мы считаем попытку М. С. Точилина поддержать неправильную точку зрения Я. Н. Белевцева о гидротермальном генезисе красных железняков Кривого Рога и перенести ее механически на КМА просто неудачной и ничем необоснованной.

Образование остаточных руд началось, повидимому, еще в конце верхнего протерозоя, когда железистые кварциты вместе с вмещающими их докембрийскими кристаллическими сланцами и гнейсами были смяты в крутые складки, при этом образовалась высокогорная область, известная под названием Воронежского горста, и на всей описываемой территории установился континентальный режим, который длился до среднего девона.

Процесс формирования этих руд продолжался затем на протяжении всего кембрия, силура и нижнего и частично среднего девона. В течение этого весьма длительного времени на всей территории Воронежского горста не только шло выветривание железистых кварцитов (с образованием за их счет остаточных руд), но подвергались также выветриванию и все другие породы докембрия (различные кристаллические сланцы и гнейсы), на которых формировалась мощная кора выветривания.

Процесс выветривания докембрийских пород сопровождался одновременным их региональным размывом. Рыхлые продукты коры выветривания этих пород сносились со всей территории Воронежского горста («массива»), который на протяжении этого длительного континентального перерыва являлся областью сноса. Эти рыхлые продукты накоплялись в пониженных соседних областях, которыми, повидимому, тогда являлись Московская и Украинская впадины.

В результате эрозионных процессов была смыта довольно мощная толща пород докембрия и к моменту наступления среднедевонского моря описываемая территория, как было отмечено ранее, представляла собой пенепленизированную местность. Вместе с другими породами была смыта также значительная часть и остаточных руд.

Наступившее среднедевонское море и его осадки прикрыли собой и защитили от дальнейшего размыва уцелевшие залежи остаточных руд. Вместе с наступлением моря прекратилось также и дальнейшее формирование коры выветривания на докембрийских породах и образование остаточных железных руд.

Образование остаточных руд за счет железистых кварцитов происходило под действием грунтовых вод и кислорода воздуха.

Как известно, свежие (неокисленные) железистые кварциты КМА состоят в основном из тонких чередующихся между собой прослоев, сложенных магнетитом, железным блеском, кварцем, реже пироксенами, амфиболами и хлоритами.

Процесс перехода железистых кварцитов в богатые железные руды заключается в растворении и выносе из этих кварцитов кварца, глинозема, кальция, магния, натрия, калия и в окислении магнетита и перехода его в мартит. Железный блеск является при этом наиболее устойчивым минералом. Мартит иногда переходит в землистую разность, а при циркуляции грунтовых вод он вступает с ними во взаимодействие и переходит вначале в гидрогематит, а затем в гетит и гидрогетит.

Следует, однако, подчеркнуть, что ни процесс окисления магнетита, ни наложившийся позднее процесс сидеритизации остаточных руд не приводят к обогащению этих руд железом. Наоборот, процесс окисления магнетита и переход его в гематит (мартит) приводит даже к некоторому обеднению этих руд железом, так как магнетит содержит на 2,4% больше металлического железа, чем гематит (мартит). Сидеритизация руд также приводит к общему снижению железа в рудах, так как сидерит образовался за счет железа, находящегося на месте, и за счет привнесенного нерудного компонента (CO_2), который разубоживал эти руды. Обогащение остаточных руд железом произошло только в результате удаления из железистых кварцитов основных нерудных компонентов — кремнезема, глинозема, кальция и магния. Предполагать, что железо могло быть привнесено в эти руды позднее из лежащих выше покрывающих осадочных пород, у нас нет никаких оснований, так как, во-первых, эти безрудные породы сами весьма бедны железом, а во-вторых, среди остаточных руд нигде не встречается колломорфных железистых минералов, которые могли бы указать на привнос железа извне и выпадение его здесь в виде натечных выделений.

Как показывают наблюдения, процессы окисления магнетита предшествовали процессам выщелачивания и выноса кремнезема (кварца), глинозема и других элементов из железистых кварцитов. Вследствие этого богатые железные руды всегда бывают связаны со свежими неизмененными железистыми кварцитами постепенными переходами через промежуточную зону окисленных кварцитов. В этих окисленных железистых кварцитах магнетит полностью, а иногда частично окисляется и переходит в гематит (мартит), прослои кварца и силикатов сохраняются почти полностью. Здесь иногда лишь в самых верхних горизонтах окисленных железистых кварцитов кварц подвергается частичному выщелачиванию и дезинтеграции, переходя при этом в мучнистый кремнезем (маршалит), а силикаты хлоритизируются и частично выщелачиваются. Поэтому в таких окисленных железистых кварцитах наблюдается несколько повышенное содержание железа в сравнении с содержанием его в свежих железистых кварцитах. В тех же окисленных железистых кварцитах, у которых кварц и силикаты почти совсем не выщелачиваются и которые непосредственно книзу переходят в свежие железистые кварциты, содержание железа почти не увеличивается, а если и наблюдается увеличение, то в ничтожном количестве.

В богатых остаточных железных рудах, которые представляют площадной тип коры выветривания и всегда располагаются на окисленных кварцитах, кварц и силикаты (их прослойки и вкрапленники) почти всегда бывают полностью выщелочены и вместо них образуются в рудах пустоты и поры, которые иногда в верхних горизонтах рудных залежей заполняются сидеритом, кальцитом, реже пиритом и марказитом. Вынос из железистых кварцитов кремнезема, глинозема, кальция, магния и щелочей обусловливает повышение железа и эти кварциты превращаются в богатые железные руды.

Таким образом, в результате выветривания железистых кварцитов на них образуются следующие зоны коры выветривания, которые располагаются сверху вниз в такой последовательности.

1. Зона остаточных богатых железных руд (полностью окисленные и выщелоченные железистые кварциты).

2. Зона сильно окисленных железистых кварцитов, несколько обогащенных железом.

3. Зона слабо окисленных железистых кварцитов, весьма слабо обогащенных или вовсе не обогащенных железом.

4. Зона свежих, не измененных, железистых кварцитов.

Интенсивность процессов выветривания в этом вертикальном профиле коры выветривания железистых кварцитов увеличивается снизу вверх, т. е. чем выше зона и чем она ближе к дневной поверхности, тем активней проявляются процессы выветривания. В тесной связи с интенсивностью этих процессов находится и содержание железа, которое в этом профиле также увеличивается снизу вверх, т. е. по направлению к дневной поверхности.

Постепенный переход богатых железных руд (сверху вниз) в совершенно свежие и неокисленные железистые кварциты через зону окисленных и слабо выщелоченных кварцитов (или наоборот, снизу вверх, постепенный переход свежих кварцитов в богатые железистые руды) весьма убедительно свидетельствует о поверхностном (гипергенном) происхождении этих богатых железных руд, которые, по существу, представляют собой верхнюю зону коры выветривания железистых кварцитов. В бассейне Курской магнитной аномалии слепых залежей богатых железных руд в толще железистых кварцитов пока не обнаружено, но не исключена возможность выявления и таких залежей. Открытие слепых залежей богатых руд на КМА, однако, ни в коем случае не может изменить взгляда на гипергенное происхождение этих руд, так как при гипергенных процессах также вполне возможно образование слепых рудных залежей, как это имеет место в Кривом Роге и на Кременчугском месторождении.

Что же касается химизма процессов древнего выветривания железистых кварцитов, то о нем можно сделать лишь некоторые общие предположения, в основу которых будут положены данные о современных физико-химических условиях растворения и миграции элементов и данные о минералогическом составе руд и окисленных железистых кварцитах.

Из предыдущего описания видно, что выветривание железистых кварцитов заключалось в окислении магнетита и в растворении и выщелачивании из них кремнезема, глинозема, кальция, магния, натрия и калия. Процесс окисления магнетита, содержащегося в этих кварцитах, происходил в поверхностных (гипергенных) условиях благодаря свободному доступу кислорода, привнос которого обеспечивался непосредственным проникновением воздуха в железистые кварциты по трещинам и порам, а в более глубокие горизонты этих кварцитов при помощи циркулирующих грунтовых вод.

Окисление магнетита и переход его в мартит (гематит Fe_2O_3) происходит в результате присоединения некоторого количества кислорода к закиси железа, входящей в состав магнетита ($Fe_2O_3 \cdot FeO$). Для полного окисления магнетита и перевода его в гематит (мартит) требуется незначительное количество кислорода.

Расчеты показывают, что один атом кислорода может окислить две молекулы закиси железа и перевести их в окись железа.

Таким образом, одного атома кислорода достаточно для полного окисления двух молекул магнетита и образования из них трех молекул

гематита — мартита ($2Fe_2O_3 \cdot FeO + O = 3Fe_2O_3$). Схема реакции процесса окисления магнетита может быть представлена в следующем виде: $4Fe_2O_3 \cdot FeO + O_2 = 6Fe_2O_3$.

Окисление магнетита, содержащегося в железистых кварцитах, происходило в течение весьма продолжительного времени, в результате чего на поверхности этих кварцитов образовалась довольно мощная зона окисления (кора выветривания).

Растворение кварца и вынос его из верхних горизонтов железистых кварцитов происходил под действием циркулирующих грунтовых (и поверхностных) вод, имевших нейтральный или щелочной характер. Кварц, как было сказано выше, в незначительном количестве может растворяться даже в чистой воде при pH, равном 7 [20].

Щелочные же растворы (при pH, равном 8—9) увеличивают и ускоряют растворимость кремнезема.

При этом кварц и кремнезем силикатов и одновременно с кремнеземом переходят частично в раствор глинозем, кальций, магний, калий и натрий, которые содержатся в силикатах. Щелочные растворы, в зависимости от продолжительности их воздействия, могут полностью перевести в раствор кварц и кремнезем силикатов, но в то же время они почти совершенно не растворяют железо, находящееся в железорудных минералах (в гематите и магнетите), так как железо растворяется только в кислых растворах.

В. Т. Пальвелев, производивший опыты по растворению кремнезема, указывает на то, что и углекислые растворы переводят в раствор кварц, но трехвалентное железо при этом, по его мнению, не растворяется. Эти растворы могут растворять только лишь незначительную часть двухвалентного железа.

При воздействии грунтовых вод на железистые кварциты щелочность этих вод (растворов) могла поддерживаться все время за счет поступления в них щелочей из разрушающихся щелочных силикатов, которые содержали в своем составе калий и натрий (щелочные амфиболы и др.).

Однако силикаты на первой стадии выветривания железистых кварцитов не подвергаются полному разложению и в новых физико-химических условиях приобретают наиболее устойчивую форму и переходят в хлориты и частично дезинтегрируются. Иногда среди остаточных руд сохраняются хлоритовые прослойки, образовавшиеся за счет первичных силикатов железистых кварцитов (фиг. 116). Затем, при дальнейшем выветривании, хлориты и дезинтегрированные продукты силикатов подвергаются выщелачиванию и из них выносятся кремнезем, глинозем, кальций и магний, а все содержащееся в них железо приобретает трехвалентную форму, переходит в гематит и отчасти гидрогематит и остается на месте, вследствие большой его устойчивости в гипергенных условиях. Таким путем из тонких силикатных прослойков, входящих в состав железистых кварцитов, образовались скопления охристого гематита и гидрогематита, таким же способом образовались за счет выщелачивания некоторых кристаллических сланцев (которые состояли из железосодержащих силикатов) и землистые или глиноподобные (легковесные) гематитовые железные руды, которые местные геологи называют «краской» по аналогии с подобными рудами Кривого Рога [17].

При выветривании кристаллических сланцев и гнейсов, состоящих из силикатов, которые содержат в своем составе очень мало железа или вовсе не содержат его, не образуется таких гематитовых руд («краски»). Кора выветривания этих сланцев и гнейсов содержит небольшое количество железа, которое придает продуктам выветривания (да и то лишь

в самых верхних горизонтах коры) буровато-красноватую окраску. Эта кора слагается глинистыми чешуйчатыми и тонкозернистыми минералами (галлуазитом, монтмориллонитом, бейделлитом, серицитом, тальком, хлоритом, мучнистым кремнеземом — маршалитом и др.).

По направлению вниз эти выветрелые и дезинтегрированные кристаллические сланцы и гнейсы переходят постепенно в совершенно неокисленные и неизмененные свежие их разности.

Мощность коры выветривания на всех докембрийских метаморфических породах (железистых кварцитах, кристаллических сланцах, гнейсах и др.) на КМА колеблется от 10—20 до 150—300 м и более.

В тех местах, где кора выветривания имеет небольшую мощность, нередко отчетливо наблюдаются следы размыва этой коры. Среди девонских, каменноугольных и юрских осадочных пород часто наблюдаются «переотложенные» осадочные гематитовые руды (фиг. 172—186), обломки и глинистые продукты окисленных железистых кварцитов, кристаллических сланцев и гнейсов. Все эти образования представляют собой продукты размыва (и сноса) коры выветривания указанных докембрийских пород.

Таким образом, в результате окисления магнетита (при переходе его в гематит — мартит), растворения и выноса из железистых кварцитов кремнезема (из кварцевых прослойков и силикатов), глинозема, кальция, магния, калия, натрия и других компонентов (из силикатов) образовались так называемые остаточные железные руды с большим содержанием железа, которые обладают в большинстве случаев полосчатой (слоистой) текстурой, унаследованной этими рудами от материнской породы — железистых кварцитов (фиг. 111—120 и 149—166).

В результате выветривания и выщелачивания кристаллических сланцев образовались на некоторых участках гематитовые (легковесные) железные руды («краски»).

Богатые железные руды, образовавшиеся в результате выветривания железистых кварцитов и некоторых кристаллических сланцев, встречаются на многих железорудных участках Курской магнитной аномалии, а кора выветривания на кристаллических сланцах, гнейсах, железистых кварцитах (в виде окисленных железистых кварцитов, не перешедших в богатые железные руды) и на других метаморфических породах докембрия развита на всей обширной территории КМА.

Поэтому процессы выветривания докембрийских горных пород, действовавшие непрерывно в течение довольно длительного промежутка времени (от верхнего протерозоя до среднего девона), привели на весьма обширной территории КМА к образованию мощной коры выветривания. Эти процессы имели региональный характер и проявились на большей части территории Русской платформы, охватив собой и большую территорию Криворожского железорудного бассейна. Но в Кривом Роге эти процессы выветривания действовали еще более продолжительное время, чем на КМА. Здесь процесс выветривания железистых кварцитов и других докембрийских метаморфических пород продолжался беспрерывно, повидимому, от верхнего протерозоя до третичной эпохи. За этот период в Кривом Роге образовалась более мощная кора выветривания на железистых кварцитах, чем на КМА. Сложное тектоническое строение Криворожского бассейна, обусловившее смятие всех докембрийских метаморфических пород (в том числе и железистых кварцитов) в крупные синклинальные и антиклинальные складки, сопровождавшееся образованием разрывных (дизъюнктивных) дислокаций, зон дробления и смятия, что, в свою очередь, обусловило возможность проникновения грунтовых вод в этом бассейне на довольно большую глубину. Эти воды способствовали

окислению и выщелачиванию железистых кварцитов на большую глубину и формированию мощных открытых и закрытых (слепых) залежей богатых железных руд (красных железняков) за счет железистых кварцитов.

Только региональные гипергенные процессы, действовавшие длительное время, могли образовать такие обширные по площади и большие по мощности залежи богатых железных руд в Кривом Роге и на КМА. Поэтому попытку некоторых геологов Криворожья объяснить образование громадных залежей красных железняков в Кривом Роге гидротермальными процессами, которые обычно всегда проявляются в довольно узких зонах (трещинах и зонах смятия), нельзя признать удачной.

На КМА среди остаточных железных руд, образовавшихся за счет окисления и выщелачивания железистых кварцитов, как было отмечено выше, выделяются две основные разновидности: плотные и рыхлые (сыпучие) руды.

Плотные руды слагают преимущественно верхний горизонт остаточных руд, рыхлые же руды («синька») располагаются то над плотными, то под плотными рудами.

Образование этих двух разновидностей руд (плотных и рыхлых), различающихся между собой по физическим свойствам, происходило в две стадии. В первую стадию, при окислении магнетита и переходе его в гематит (мартит), при выщелачивании кремнезема и других компонентов иногда сильно нарушалась связь между отдельными железорудными минералами (железным блеском и мартитом) и между зернами одних и тех же минералов, вследствие чего и образовались сильно пористые, ноздреватые, слабо уплотненные, а иногда и совсем рыхлые (сыпучие) руды.

Во вторую, более позднюю, стадию при сидеритизации остаточных руд произошло уплотнение верхних горизонтов некоторых рудных залежей. Отдельные же маломощные залежи были сидеритизированы полностью и руды в них оказались уплотненными на всю мощность. Уплотнение остаточных руд заключается в том, что сидерит заполнил все пустоты и поры в рудах и плотно сцементировал гематитовые прослои, отдельные зерна гематита и их разрозненные агрегаты. В некоторых случаях, наряду с сидеритом, роль цемента (уплотнителя) в этих рудах выполняют пирит и марказит.

Нижние горизонты мощных рудных залежей не были подвергнуты сидеритизации и пиритизации и потому руды этих горизонтов остались сильно пористыми, ноздреватыми и рыхлыми (сыпучими). На некоторых залежах плотные руды позднее были смыты эрозией и в таком случае рыхлые руды слагают целиком эти залежи.

Следует особо отметить, что процесс окисления магнетита при выветривании железистых кварцитов идет в двух направлениях. При первом направлении процесса окисления, которое следует назвать обычным, магнетит всегда переходит в гематит (мартит). При этом закись железа, содержащаяся в магнетите, переходит в окись, т. е. двухвалентное железо приобретает трехвалентную форму, химическая формула из Fe_3O_4 преобразуется в Fe_2O_3, при этом структура решетки минерала переходит из кубической в тригональную и магнитные свойства первичного минерала (магнетита) исчезают. Прежней остается лишь внешняя форма минерала.

При втором направлении процесса окисления магнетит переходит не в гематит (мартит), а в маггемит. У этого вновь образованного минерала закись железа также полностью перешла в окись и он имеет такую же химическую формулу, как и гематит (Fe_2O_3). Но в маггемите, в отличие от гематита (мартита), сохраняется магнетизм. Процесс перехода магне-

тита в маггемит (в магнитную окись железа) еще не достаточно изучен и потому в литературе не получил достаточного освещения. Некоторые исследователи (академик А. Г. Бетехтин и др.) считают маггемит (или оксимагнетит) неустойчивой кубической модификацией Fe_2O_3, которая кристаллизуется в структуре шпинели. Переход его в более устойчивую ромбоэдрическую форму Fe_2O_3 совершается легко при температурах 210—500°. Образуется он за счет окисления магнетита и имеет темнобурую черту. Однако в литературе нет указаний на то, при каких особых физико-химических условиях образуется этот минерал и почему при окислении магнетит в одних случаях переходит в гематит (мартит), а в других — в маггемит? Изучение процесса маггемитизации магнетита представляет большой теоретический интерес, так как при этом могли бы быть разрешены многие неясные вопросы. В первую очередь следовало бы выяснить физико-химические условия, при которых магнетит переходит в маггемит, кроме того, установить, почему сохраняются магнитные свойства у маггемита? Чем обусловлено изменение цвета порошка и черты у маггемита, по сравнению с цветом (вишнево-красным) гематита, тогда как химический состав этих минералов одинаков?

Как видно из приведенного выше описания, процессы окисления и выщелачивания железистых кварцитов и отчасти кристаллических сланцев приводят к образованию красных железняков, так как за счет магнетита и некоторых силикатов образуется в основном гематит.

Дальнейшие изменения гематитовых руд заключаются в гидратации и постепенном переходе их в бурые железняки.

При циркуляции грунтовых вод в верхних горизонтах остаточных гематитовых руд гематит переходит вначале в гидрогематит, затем в гетит и гидрогетит. Таким образом, создается следующий ряд гидроокислов железа с постепенным увеличением количества воды:

$$\underset{\text{гематит}}{Fe_2O_3} \longrightarrow \underset{\text{гидрогематит}}{Fe_2O_3 + nH_2O} \longrightarrow \underset{\text{гетит}}{Fe_2O_3H_2O} \longrightarrow \underset{\text{гидрогетит}}{FeO_3H_2O + nH_2O}$$

(коэффициент n в первом случае — у гидрогематита — может колебаться от нескольких долей до 10%, а во втором случае — у гидрогетита — от нескольких долей до 5%).

Следует, однако, отметить, что среди выявленных залежей остаточных руд Курской магнитной аномалии бурые железняки встречаются довольно редко. Они образуют иногда небольшие, неправильной формы участки в верхних горизонтах гематитовых руд и лишь в одном случае удалось обнаружить сравнительно большое скопление бурых железняков. На Коробковском участке, в скважине № 0136, на интервалах от 107,89 до 114,40 м и от 118,46 до 138,67 м обнаружены плотные бурые железняки, состоящие из гидрогетита и гетита. Эти железняки образовались за счет остаточных гематитовых руд (судя по реликтовым гематитовым участкам). Упомянутые бурые железняки образовались до отложения на них юрских осадочных пород, среди которых залегают два слоя осадочных конгломератовых руд. Эти осадочные руды состоят из гематитовых галек и песчинок, сцементированных хлоритовым цементом. Ни гематитовые гальки, ни хлоритовый цемент этих руд не подверглись замещению гидрогетитом, который столь характерен для остаточных руд, залегающих в этой скважине под осадочными рудами. Наличие гематитовых осадочных руд в верхней части рудной колонки описываемой скважины и гидрогетитовых остаточных руд в нижней части этой колонки указывают на то, что остаточные руды были превращены в бурые железняки до появления юрских осадочных гематитовых руд. Переход гематитовых остаточных руд в бурые железняки (т. е. замещение гематита гетитом и гидрогети-

том) совершался, несомненно, в континентальных условиях, т. е. когда эти руды выходили на дневную поверхность и по ним циркулировали грунтовые воды.

До сих пор мы говорили об условиях образования первой разновидности остаточных руд, залегающих на поверхности железистых кварцитов (площадной тип коры выветривания), но не касались генезиса второй разновидности остаточных руд, располагающихся среди железистых кварцитов в виде неправильных пластообразных залежей (линейный тип коры выветривания). В связи с этим необходимо сказать, что генезис этой второй разновидности остаточных руд ничем по существу не отличается от генезиса руд первой разновидности, так как обе эти разновидности остаточных руд Курской магнитной аномалии образовались одновременно и в результате одних и тех же гипергенных процессов.

Разница в условиях образования этих руд заключается лишь в том, что при формировании руд второй разновидности грунтовые воды циркулировали на большую глубину по тектоническим трещиноватым и нарушенным зонам среди железистых кварцитов и отчасти кристаллических сланцев и привели к обогащению этих пород железом вследствие выщелачивания из них кремнезема и других нерудных компонентов (Al_2O_3, MgO, CaO).

Однако эти плотные остаточные руды Веретенинского и Тимского участков (скв. № 654) были обогащены железом не только в результате процессов выщелачивания нерудных компонентов. Повышенным содержанием железа обладали также первоначально и сами железистые кварциты, из которых образовались эти руды.

Трещиноватые и нарушенные зоны, служившие путями для циркуляции грунтовых вод на большую глубину, образовались в результате тектонических подвижек, происходящих в толще докембрийских пород. Эти зоны обычно располагаются среди железистых кварцитов, параллельно их сланцеватости. В пределах этих зон железистые кварциты нередко бывают раздроблены и брекчированы. Кроме того, нарушенные зоны располагаются также на контактах между железистыми кварцитами и кристаллическими сланцами и между этими сланцами и безрудными кварцитами. Пока трудно сказать, на какую глубину могут распространяться эти трещиноватые зоны в пределах КМА. На Веретенинском участке на одном профиле обнаружено несколько залежей железных руд, залегающих среди железистых кварцитов. Все эти залежи уходят на небольшую глубину, так как буровые скважины на их предполагаемом продолжении вошли в железистые кварциты. Однако подобные залежи богатых руд среди железистых кварцитов на Кременчугском месторождении подсечены и на глубине 700 м. В Кривом Роге красные железняки прослежены на значительно большей глубине. В пределах Курской магнитной аномалии подобные рудные залежи также могут распространяться на значительно большую глубину, чем та, на которой они были подсечены на Веретенинском участке.

Процесс образования остаточных руд на Курской магнитной аномалии прекратился тогда, когда континентальный режим в районе сменился морским. Это произошло в среднем девоне. Среднедевонское море покрыло собой сохранившиеся к тому моменту залежи остаточных руд. Отложившиеся на докембрии осадки среднего, а затем верхнего девона (старооскольские и щигровские слои) защищали от дальнейшего размыва остаточные руды. Однако в среднем и верхнем девоне, как отмечалось выше, в отдельные периоды остаточные руды выходили на дневную поверхность. При этом они подвергались размыву и продукты их разрушения сносились и отлагались в близлежащих водных бассейнах в виде

осадочных руд. В эти же периоды создавались также благоприятные условия для дальнейшего окисления и выщелачивания железистых кварцитов и превращение их в богатые остаточные руды.

Таких периодов, когда в районе снова восстанавливался континентальный режим и руды выходили на дневную поверхность, в пределах Михайловского узла магнитных аномалий насчитывается 5—6. Но эти периоды, судя по небольшой мощности отдельных пластов осадочных руд, были непродолжительными и в это время не могло произойти накопления остаточных руд в значительных количествах.

Девонское море уступило место нижнекарбоновому морю, осадки которого сохранились в Новооскольском и Белгородском районах. В карбоне остаточные руды, повидимому, также выходили на короткое время на дневную поверхность и частично подвергались размыву.

Затем в районе Курской магнитной аномалии снова устанавливается континентальный режим, который продолжался, повидимому, в течение среднего и верхнего карбона, перми и триаса. В этот довольно длительный континентальный период идет частичный размыв осадков нижнего карбона, верхнего и среднего девона. В некоторых местах (как, например, в пределах Коробковского, Лебединского, Салтыковского и других участков) были нацело смыты осадочные породы нижнего девона и размыву подверглись даже остаточные руды. На других рудных участках Курской магнитной аномалии остаточные руды в этот период размыву не подвергались, так как они находились под покровом девонских отложений.

С наступлением юрской трансгрессии в районе снова устанавливается морской режим, который длился с перерывами до самого олигоцена. В юрское время остаточные руды также периодически выходят на короткое время на дневную поверхность и подвергаются частичному размыву. Следы этого размыва в Старооскольском районе фиксируются в виде трех слоев осадочных конгломерато-брекчиевидных руд, залегающих среди юрских образований. При каждом таком выходе остаточных руд на дневную поверхность в юрскую (или в какую-либо другую) геологическую эпоху создавались благоприятные условия не только для размыва этих руд, но и для дальнейшего их формирования за счет выщелачивания и окисления железистых кварцитов.

Однако следует особо подчеркнуть, что вследствие небольшой продолжительности пребывания остаточных руд на дневной поверхности в моменты отдельных поднятий местности после трансгрессии среднедевонского моря, процессы выщелачивания и окисления железистых кварцитов, действовавшие периодически (и кратковременно) в последующие эпохи (в среднем и верхнем девоне, в карбоне, в промежутках между карбоном и юрой и в юре), не могли привести к значительному накоплению остаточных руд. Эти руды в пределах Курской магнитной аномалии в главной своей массе были сформированы во время весьма продолжительного периода, длившегося беспрерывно с конца верхнего протерозоя до среднего девона.

Окончательное погружение остаточных руд под покров осадков на всей территории произошло, повидимому, в верхнеюрскую эпоху (а в некоторых участках возможно даже в верхнем мелу). С этого времени и до наших дней остаточные руды, очевидно, никогда не выходили на дневную поверхность и навсегда оставались погребенными под толщей осадочных пород и потому не подвергались размыву.

Процессы сидеритизации и пиритизации остаточных железных руд, о которых упоминалось выше, происходили в континентальных условиях. Эти процессы развивались тогда, когда руда вместе с покрывающими породами попадала в зону цементации, которая обычно располагается

несколько ниже уровня (зеркала) грунтовых вод. Здесь образуется зона застойных или малоподвижных грунтовых вод и вследствие недостатка или полного отсутствия свободного кислорода создается восстановительная среда. Железо, находящееся в растворе, вступает здесь в соединение с углекислотой и серой, которые привносятся сюда растворами из вышележащих горизонтов. Роль кислорода в этой зоне выполняется углекислым газом и серой. В случае соединения железа с углекислым газом образуется сидерит ($FeCO_3$), а при соединении его с серой получается пирит и нередко марказит. Эти карбонаты и сульфиды железа заполняли в остаточных рудах поры, пустоты и трещины и тем самым уплотняли руды (фиг. 147—166). На микрофотографиях (фиг. 127—130) можно наблюдать, что сидерит образуется главным образом тогда, когда углекислые растворы соприкасаются с железорудными минералами (гематитом). На расстоянии же от этих минералов образуется обычно кальцит.

Наблюдения за взаимоотношениями сидерита и пирита в рудах показывают, что образование этих минералов происходило в различное время, причем сидерит обычно образуется раньше, чем пирит и марказит.

Периоды времени сидеритизации и пиритизации остаточных руд точно установить пока не удается. Однако следует отметить, что сидеритизация и пиритизация этих руд происходили, повидимому, не в один прием и приурочивались по времени к тем кратковременным поднятиям местности, которые наблюдались в районе после среднего девона. Поэтому можно сделать предположение о том, что сидеритизация остаточных руд происходила, повидимому, в отдельные промежутки времени в девонскую, каменноугольную и юрскую эпохи. Сидеритизации чаще всего подвергались верхние горизонты остаточных руд. Но иногда сидеритизированными оказываются отдельные слои покрывающих осадочных пород девона, карбона и окисленные железистые кварциты. Наличие различных сидеритизированных пород, залегающих на разных горизонтах, обусловлено, во-первых, колебанием уровня грунтовых вод и, во-вторых, разновременностью процессов сидеритизации.

Пиритизация остаточных руд происходила, очевидно, после отложения юрских и, возможно, меловых песчано-глинистых пород, сильно обогащенных углистым веществом, так как только при разложении органических (растительных) остатков, содержащихся в этих породах, могло освобождаться большое количество серы, пошедшей на образование пирита и марказита, которые иногда достигают значительной концентрации в остаточных рудах.

В нижнем олигоцене (или в верхнем эоцене) в районе Курской магнитной аномалии снова устанавливается континентальный режим, который продолжается до современной эпохи. За этот промежуток времени остаточные руды не претерпевают каких-либо существенных изменений, так как они, находясь под покровом девонских каменноугольных, юрских, меловых и третичных осадков, никогда за это время (от олигоцена до наших дней) не выходили на дневную поверхность. Мощная толща (от 25 до 500 м и более) покрывающих пород защищает остаточные руды от эрозионного размыва и от воздействия агентов поверхностного выветривания. Вся эта толща покрывающих пород сильно обводнена, и остаточные руды залегают значительно ниже уровня грунтовых вод, где установился определенный (стабильный) гидрохимический режим, при котором почти полностью исключено какое-либо изменение этих руд. Кроме того, в условиях Русской платформы вряд ли уровень грунтовых вод мог сильно колебаться за описываемый промежуток времени. А если это так, то остаточные руды, повидимому, в это время не могли оказаться выше

уровня грунтовых вод и не могли попасть в зону цементации, иначе говоря, они не могли подвергаться окислению, выщелачиванию, сидеритизации и пиритизации.

Таким образом, минералогический и химический состав, текстура и структура остаточных руд, форма и размеры рудных залежей нисколько существенно не изменились за указанное время и остались такими же, какими они были до наступления этого последнего континентального периода.

Подводя итоги изложению наших представлений на генезис остаточных руд Курской магнитной аномалии, мы должны отметить, что эти представления являются предварительными. При детальном изучении генезиса этих руд необходимо каждый этап их формирования тесно увязывать с общей историей геологического развития описываемого района. При этом, несомненно, должны учитываться стратиграфические, тектонические, палеогеографические, климатические, физико-химические и другие факторы, которые так или иначе могли оказывать влияние на образование остаточных руд.

В заключение настоящего раздела мы кратко резюмируем те основные исторические этапы (или периоды), во время которых шло геологическое формирование района и вместе с тем формировались остаточные и осадочные руды Курской магнитной аномалии.

Первый этап. Первый континентальный период продолжался без перерыва с конца верхнего протерозоя до среднего девона. В этот довольно продолжительный период были в основном сформированы все остаточные руды КМА за счет выщелачивания и окисления железистых кварцитов. В этот же период, повидимому, большая часть этих руд была смыта вместе с вмещающими породами — докембрийскими кристаллическими сланцами.

Второй этап. Первый морской период продолжался с низов среднего девона до конца нижнего карбона. В этот период, вследствие эпейрогенических колебаний земной поверхности, остаточные руды периодически (не менее 6 раз) на короткое время выходили на дневную поверхность. При этом они подвергались размыву и за счет продуктов их разрушения формировались слои осадочных руд, отлагавшихся в близлежащих водных бассейнах.

Одновременно с этим продолжалось частичное формирование остаточных руд за счет выщелачивания и окисления железистых кварцитов.

Третий этап. Второй континентальный период охватывает большой промежуток времени, длившийся, повидимому, без перерыва от среднего карбона до нижней юры. В этот период остаточные руды на значительной территории Курской магнитной аномалии находятся под покровом девонских и каменноугольных отложений и потому не подвергаются размыву. Возможно, что в этот период на некоторых участках руды подвергаются сидеритизации. В пределах же Старооскольского района в это время полностью были смыты девонские осадки и остаточные руды подвергались частичному размыву. Одновременно в этом районе продолжалось и окисление железистых кварцитов и дальнейшее формирование богатых железных руд.

На всей остальной территории Курской магнитной аномалии в это время шло образование коры выветривания на породах девона и карбона и частично происходил размыв этих пород.

Четвертый этап. Второй морской период продолжался от нижней юры до низов олигоцена. В юрское время (а возможно даже и в нижнем мелу) остаточные руды, повидимому, лишь в Старооскольском районе периодически (не менее 3 раз) и на короткое время выходят на

дневную поверхность и подвергаются частичному размыву. За счет продуктов их размыва отлагаются в водных бассейнах осадочные руды. Вся остальная территория Курской магнитной аномалии в этот период была затоплена морем и остаточные руды на этой территории, повидимому, никаких изменений не претерпевали.

Пятый этап. Третий (и последний) континентальный период начался в нижнем олигоцене и продолжается до наших дней. Остаточные руды в этот период находятся под мощным покровом осадочных пород и также не претерпевают никаких существенных изменений.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Железорудный бассейн Курской магнитной аномалии является самым крупным бассейном мира. В нем сосредоточены колоссальные запасы бедных железных руд (железистых кварцитов), которые исчисляются астрономической цифрой — в 9000 млрд. т. Эти запасы превышают все вместе взятые запасы железных руд земного шара. В этом же бассейне, далеко еще не изученном и до конца не обследованном, содержатся также значительные запасы (уже исчисляемые около 1 млрд. т) богатых железных руд, являющихся корой выветривания железистых кварцитов. Кроме того, на территории этого бассейна располагаются многие виды вспомогательного металлургического и другого сырья.

Железистые кварциты как бедные железные руды в настоящее время уже добываются в этом бассейне и после обогащения и агломерации используются в черной металлургии. Богатые железные руды содержат от 50 до 69,50%, но до сих пор еще не добываются вследствие того, что эти руды на некоторых участках залегают в неблагоприятных гидрогеологических условиях. В настоящее время ведется подготовка к эксплуатации богатых руд открытым способом и закладываются шахты большой мощности по добыче железистых кварцитов в более широких масштабах.

Таким образом, железорудный бассейн Курской магнитной аномалии в недалеком будущем должен стать наряду с Криворожским бассейном основной базой железорудного сырья для черной металлургии нашей страны. Однако следует отметить, что все геофизические, геологоразведочные и гидрогеологические работы, которые проводятся в настоящее время в бассейне КМА и которые должны предшествовать другим видам работ (эксплуатационным, технологическим и др.), ни в коем случае не могут обеспечить в сколько-нибудь удовлетворительные сроки изучение этого весьма обширного железорудного бассейна. Эти работы должны быть значительно расширены и темпы их увеличены.

Геофизические исследования должны быть направлены на изыскание эффективного метода поисков богатых железных руд в пределах толщи железистых кварцитов и на детальное изучение геофизических свойств различных горных пород Курской магнитной аномалии для правильной расшифровки данных, получаемых при различных геофизических съемках (гравиметрической, магнитометрической, сейсмометрической, электроразведке и др.) и для увязки этих данных с геологическим строением района.

Геофизические исследования должны, кроме того, выйти за пределы уже выявленных магнитных аномалий этого бассейна и должны вестись по направлению к западу, юго-западу, северу и югу. В западном и юго-западном направлении геофизические исследования должны вестись с целью возможного соединения бассейна КМА с Криворожским железорудным бассейном через ряд аномалий (полтавских, ровенских). К севе-

ру и северо-западу эти исследования должны выяснить связь магнитных аномалий КМА с аномалиями Белоруссии (через Смоленскую аномалию), Прибалтики, Калининской области, Карельского перешейка и Кольского полуострова. Таким образом, региональные геофизические исследования в сочетании с проспекторскими буровыми скважинами должны будут ориентировочно наметить границы обширного Русского железорудного бассейна, о котором упоминалось выше.

Кроме того, геофизические исследования должны детализировать наземной геофизической съемкой те магнитные аномалии, которые были выявлены в процессе аэромагнитной съемки.

Буровые работы, кроме выполнения ими главной задачи по разведке запасов железистых кварцитов и богатых железных руд, должны широко применяться для разбуривания региональных профилей по всему бассейну КМА, с целью выяснения различной природы аномалий (более интенсивных и весьма слабых, обусловленных, повидимому, немагнитными залежами железослюдковых железистых кварцитов), более детального изучения геологического строения района, выявления различных полезных ископаемых, находящихся в наддокембрийской толще осадочных пород девона, карбона, юры и мела. Кроме того, должна широко практиковаться проходка глубоких структурных скважин для выяснения структуры рудных полей на отдельных рудных участках, перспектив оруденения на глубину, для изучения стратиграфии и тектоники докембрийских пород и особенно толщи железистых кварцитов и нахождения богатых руд, залегающих в благоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях (среди толщи железистых кварцитов или под устойчивой кровлей водоупорных пород). При помощи этих же структурных скважин (в сочетании с детальным стратиграфическим и тектоническим изучением) должен быть получен ответ относительно количества пачек (или горизонтов) железистых кварцитов, залегающих среди кристаллических сланцев докембрия, так как до сих пор на КМА нельзя считать окончательно решенным этот вопрос. В настоящее время нет еще достаточных данных для того, чтобы с достоверностью судить о том, представляют ли различные полосы железистых кварцитов, залегающие разобщенно друг от друга, один и тот же стратиграфический рудный горизонт (толщу) или эти полосы представляют разные стратиграфические горизонты (толщи), образовавшиеся в различное время в докембрийском водном бассейне.

Поэтому группа геологов Академии наук СССР (Института геологических наук и Горно-геологической станции на КМА), занимающаяся геологическим изучением бассейна КМА, рекомендует расширить геологоразведочные работы на КМА с целью более углубленного изучения всего бассейна и большей эффективности проводимых геологоразведочных работ на КМА.

Эти рекомендации по расширению геологоразведочных работ в основном сводятся к следующему.

1. Для регионального и комплексного геологического изучения всей территории Курской магнитной аномалии, для расширения перспектив рудоносности всего этого района и для выявления новых участков богатых осадочных и остаточных руд, залегающих в благоприятных условиях, необходимо приступить к разбуриванию региональных опорных профилей, которые должны далеко выходить за пределы полос магнитных аномалий и проходить вкрест простирания аномальных зон бассейна. Скважины этих профилей должны проходить всю толщу осадочных пород и углубляться в толщу кристаллических пород докембрия на глубину 500—700 м с целью изучения тектоники и стратиграфии этих пород и

установления среди них количества горизонтов (или толщ) железистых кварцитов.

Для начала следует пробурить два региональных профиля буровых скважин в пределах бассейна. Места проходки скважин в пределах этих первоочередных профилей и направление этих профилей были в свое время сотрудниками Академии наук рекомендованы Министерству геологии и охраны недр СССР.

Керн осадочных пород (девонских, каменноугольных, юрских и меловых) из надрудной толщи должен детально изучаться и опробоваться на предмет выявления среди этих пород бокситов, осадочных железных руд, фосфоритов, углей, огнеупорных глин, флюсов, формовочных земель и других полезных ископаемых.

2. С целью изучения структуры рудных полей на известных рудных участках, установления в районе количества горизонтов (толщ) железистых кварцитов и определения перспектив оруденения на глубину (выяснение распространения железистых кварцитов по падению и характера выклинивания этих кварцитов) необходимо приступить к проходке глубоких структурных скважин на Коробковском, Лебединском, Салтыковском, Веретенинском и Яковлевском рудных участках.

3. Для поисков и разведки богатых руд второй разновидности, т. е. руд, залегающих в виде пластообразных и линзообразных залежей среди толщи железистых кварцитов и уходящих на большую глубину и потому находящихся в благоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях, изменить существующую методику поисков и разведки этих руд. Для этой цели проходить более глубокие наклонные скважины (а не мелкие, как это делалось до сих пор) и врезаться ими в толщу железистых кварцитов на глубину 250—300 м, а отдельными скважинами (одной-двумя скважинами на каждом участке) проходить толщу железистых кварцитов на всю ее мощность.

4. Значительно расширить поисковые работы на богатые железные руды на всей территории КМА. С этой целью необходимо в первую очередь провести поисковое бурение в районах станций Поныри, Змеевка и г. Орла, так как железистые кварциты и богатые руды должны здесь залегать на сравнительно небольшой глубине и под устойчивыми известняками девона. Кроме того, необходимо увеличить объем поискового и разведочного бурения в Белгородском районе, в пределах Верхопенской и других аномалий, где уже (у с. Яковлевка) выявлены мощные залежи остаточных богатых железных руд, залегающих под осадочными породами нижнего карбона.

5. Приступить к детальному изучению коры выветривания железистых кварцитов и кристаллических сланцев, а также коры выветривания осадочных пород девона, карбона и юры, так как кора выветривания, представленная различными зонами на указанных породах, широко развита на всей обширной территории Курской магнитной аномалии. Детальное изучение коры выветривания железистых кварцитов и кристаллических сланцев, помимо решения весьма интересных теоретических (выяснение хода и характера процессов выветривания, изучение минералогии, геохимии, генезиса и т. п.) и геолого-исторических вопросов, поможет решить очень важные практические задачи, так как с корой выветривания на КМА связаны месторождения богатых железных руд и, возможно, месторождений бокситов различных глин, талька и других полезных ископаемых.

Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования должны быть значительно расширены и направлены на выяснение более эффективных методов борьбы с обводненностью разведанных рудных участков

при эксплуатации железистых кварцитов и богатых железных руд открытым и подземным способом и на выявление безводных или слабо обводненных участков в пределах Курской магнитной аномалии.

По предварительным данным, такие участки имеются в пределах Льговского узла магнитных аномалий (участок Веретенино) и южнее Обояни (около сел. Яковлевка).

Особое внимание необходимо обратить на расширение исследований по горнотехническим проблемам, в результате которых должны быть рекомендованы наиболее рациональные методы разработки железистых кварцитов и богатых железных руд в условиях обводненности и неустойчивости пород кровли. До самого последнего времени не были найдены эффективные методы борьбы с обводненностью неустойчивой кровли и не рекомендованы оптимальные системы разработок железистых кварцитов и богатых руд.

Вследствие этого богатые руды на Курской магнитной аномалии (Коробковский, Лебединский и другие участки), залегающие в неблагоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях, до сих пор не разрабатываются (хотя эти руды разведаны еще в 1938 г.), а эксплуатация железистых кварцитов должна вестись при помощи таких систем разработок, при которых около 70% этих кварцитов должно быть оставлено в недрах, т. е. потеряно.

Технологические исследования должны быть направлены на изыскания таких способов обогащения, которые позволят наиболее полно извлечь железо из железистых кварцитов и, в частности, решить проблему получения концентратов из немагнитных основных железосодержащих минералов (железного блеска, мартита, гидрогематита и др.) при помощи электромагнитной сепарации, без флотации.

В настоящее время обогатительная фабрика Курской магнитной аномалии обогащает железистые кварциты при помощи мокрой магнитной сепарации и при этом в хвостах наблюдается иногда высокое содержание железа. Это железо в хвостах связано главным образом с немагнитными железосодержащими минералами. Как известно, среди железистых кварцитов КМА иногда в значительном количестве содержится железный блеск, а в окисленных железистых кварцитах содержатся также мартит, порошковатый гематит, гидрогематит, гетит, и другие минералы из группы гидроокислов железа. Все эти минералы не обладают магнитными свойствами и при магнитной сепарации (в слабом магнитном поле) уходят в хвосты. Однако эти минералы обладают свойствами намагничиваться при пропускании через них электрического тока. Этими электромагнитными свойствами указанных железосодержащих минералов, повидимому, можно будет воспользоваться с целью перевода этих минералов при электромагнитной сепарации в концентрат.

Проблема промышленного освоения железистых кварцитов как бедных железных руд в настоящее время может считаться в основном решенной, так как из этих кварцитов Курской магнитной аномалии уже получают хороший концентрат и высококачественный офлюсованный агломерат, который плавится на металлургических заводах Центра. В ближайшее время железистые кварциты Кривого Рога, Кольского полуострова и Дальнего Востока также должны будут использоваться черной металлургией.

Однако использование этих кварцитов в черной металлургии является нелегкой задачей. Предварительное обогащение железистых кварцитов и последующая агломерация железистого концентрата являются пока дорогостоящими операциями. Поэтому железорудное металлургическое

сырье, получаемое из этих кварцитов (агломерат) и идущее на выплавку металла (чугунов и сталей), имеет довольно высокую стоимость.

Для более рационального (экономичного) использования железистых кварцитов в черной металлургии как бедного металлургического сырья необходимо продолжать технологические исследования с целью нахождения методов металлургической переработки (плавки) этих кварцитов без предварительного обогащения и агломерации.

В настоящее время к таким технологическим методам можно отнести метод плавки бедных железных руд в низкошахтных печах на низкосортном металлургическом топливе. Поэтому для проверки применимости указанного метода к железистым кварцитам вначале следовало бы произвести пробную плавку в низкошахтных печах таких железистых кварцитов Курской магнитной аномалии, которые содержат в среднем от 37 до 40% железа. При благоприятных результатах этой опытной плавки можно будет перейти к плавке в этих же печах железистых кварцитов, содержащих в среднем 33—35% железа. Железистые кварциты с таким содержанием металла преобладают на многих разведанных рудных участках Курской магнитной аномалии. Одновременно с проведением таких плавок необходимо продолжать дальнейшие технологические исследования с целью поисков новых, более рациональных методов использования железистых кварцитов в металлургии без обогащения и агломерации.

Кроме того, на КМА для развития горнодобывающей и металлургической промышленности на базе колоссальных запасов железорудного сырья необходимо приступить к изучению транспортных условий района, к разрешению технико-экономических и других проблем, связанных с освоением нового огромного железорудного бассейна.

Проведение геофизических, геологических, геологоразведочных, гидрогеологических, инженерно-геологических, технологических, транспортных, технико-экономических и других исследований, несомненно, будет способствовать скорейшему промышленному развитию этого обширного железорудного бассейна. В качестве одного из более важных мероприятий по освоению огромных железорудных ресурсов КМА следует рекомендовать скорейшее открытие карьера по добыче богатых железных руд и железистых кварцитов на Веретенинском рудном участке в Михайловском районе, где руды и кварциты залегают на небольшой глубине (37—25 м) от поверхности под покровом рыхлых мезозойских отложений.

Кроме того, следует приступать к составлению проектного задания по разработке подземным способом больших залежей богатых осадочных и остаточных железных руд Яковлевского участка.

Планирующие, производственные и научно-исследовательские организации нашей страны должны значительно усилить свое внимание к проблеме промышленного освоения практически неисчерпаемых железорудных ресурсов крупнейшего железорудного бассейна КМА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. К вопросу о геологическом строении местности в области Курской магнитной аномалии и о возможных причинах последней. Гос. изд., М., 1922.
2. Белевцев А. Н. Типы рудных полей Криворожских железорудных месторождений и соображения о генезисе железных руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 2.
3. Белевцев Я. М. Походження зализных руд Саксаганьского району Кривого Рогу. Геол. журн. Акад. наук Укр. ССР, т. 13, в. 3, 1953.
4. Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых. ОНТИ, 1937.
5. Бетехтин А. Г. Минералогия, 1950.
6. Вернадский В. И. История минералов земной коры, т. 2. История природных вод, ч. 2, в. 1—3, 1934.

7. Вернадский В. И. Очерки геохимии. ОНТИ, 1936.
8. Вернадский В. И. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. ОНТИ, 1937.
9. Виноградов А. П. О причине отсутствия известковых (из $CaCO_3$) скелетов у докембрийских беспозвоночных. ДАН СССР, т. 27, № 3, 1940.
10. Гинзбург И. И. и Рукавишникова И. А. Минералы древней коры выветривания Урала. Изд. АН СССР, 1951.
11. Доброхотов М. Н. К вопросу о генезисе богатых железных руд Криворожского типа. Геол. журн. АН УССР, т. XIV, в. 1, 1954.
12. Каниболоцкий П. М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна. АН УССР, 1946.
13. Карпова Б. Г., Книпович Ю. Н., Морачевский Ю. В. и др. Анализ минерального сырья (сборник методов химического анализа, принятых лабораторией геохимического сектора ЦНИГРИ). 1936.
14. Коржинский Д. С. Проблемы изучения Кривого Рога и КМА. Рукопись. Фонды Института геологических наук АН СССР, 1954.
15. Котляр Б. Н. О генезисе железных руд Кривого Рога. Горный журнал, 1953, № 12.
16. Мартыненко Л. И. Причины образования кварцево-железистых пород в докембрии. Ученые зап. Черновицкого Гос. ун-та, т. VIII, серия геол.-геогр. наук, в. 2, 1950.
17. Мартыненко Л. И. К вопросу об образовании богатых руд Кривого Рога. Там же.
18. Обручев В. А. Рудные месторождения. Часть описательная. ОНТИ, 1935.
19. Овчинников Л. Н. О маггемите. Труды Горно-геол. ин-та (Уральский филиал АН СССР), в. 20, 1953.
20. Пономарев А. И. Методы химического анализа минералов и горных пород. Т. I. Силикаты и карбонаты. 1951.
21. Пятницкий П. П. Генетические соотношения криворожских рудных месторождений. Труды Ин-та прикл. минер., № 9, 1924.
22. Русинович И. А. Геологическое строение северо-восточной полосы и генезис железных руд КМА. Сб. «Советская геология» 28, 1948.
23. Семененко Н. П. Структура рудных полей криворожских железорудных месторождений, т. 1, Киев, 1946.
24. Семененко Н. П. Строение Украинского кристаллического массива и история его формирования. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 1.
25. Страхов Н. М. Железорудные фации и их аналоги в истории Земли. Изд. АН СССР, 1947.
26. Страхов Н. М. Основы исторической геологии. Ч. 1, 1948.
27. Труды ОККМА, в. V, 1924.
28. Труды ОККМА, в. VII, 1926.
29. Танатар И. И. Геохимическая характеристика большого Кривого Рога в связи с вопросами генезиса его руд. Труды XVII сессии Международн. геол. конгр. 1938.
30. Точилин М. С. Некоторые соображения о генезисе богатых руд криворожского типа. Геол. журн. АН УССР, т. 13, 1953, в. 4.
31. Ферсман А. Е. Геохимия, т. 1, 2, 3 и 4. Госхимиздат, 1933, 1934, 1937, 1939.
32. Ферсман А. Е. Геохимические параметры железа. Труды конфер. по генезису руд железа, марганца, алюминия. 1937.
33. Van-Hise CH. The iron-ores deposits of the Lake Superior Region. Twenty First annual report of the United States Geol. Survey, 1901.
34. Van-Hise C. H. and Leith C. The geology of the Lake Superior Region United States Geol. Surv, 52, 1911.
35. Lelth C. K. and Harden E. C. The hematite ores of Brazil and a comparison with the hematite of Lake Superior. Econ. Geol., 6, 1911.
36. Leith C. K., Lund R. and Leith A. Precambrian rocks of the Lake Superior Region. Prof. Papers U. S. Geol. Surv, Dep. Inter, Washington, 184(2), 1935.
37. Moore E. and Maynard. Solution, transportation and precipitation of iron and silica. Econ. Geol., № 3—6, 1929.
38. Wagner B. A. The iron depositts of the Union of South Africa. S. Afr. Geol. Surv., mem. 26, 1928.
39. Emmons W. H. The principles of economic geology. 1940.
40. Mann V. J. The relation of oxidation to the origin of soft iron ores of Michigan. Econ. Geol., v. 48, 1953, № 4.
41. James H. L. Origin of the soft iron ores of Michigan (Discussion). Economic Geology, v. 48, 1953, № 8.
42. Royce S. Iron ranges of the Lake Superior district. Ore deposits as related to structural features. Ed. by Newhouse, 1942.

АТЛАС
ТЕКСТУР И СТРУКТУР

ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ, КРИВОГО РОГА И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

ОБЪЯСНЕНИЕ К ФОТОГРАФИЯМ

Настоящий атлас является приложением к работе автора, посвященной описанию железистых кварцитов и богатых железных руд бассейна КМА.

В работе, наряду с общей геологической, минералогической и химической характеристикой, приводится также подробная классификация железистых кварцитов и железных руд бассейна. Одним из основных признаков этой классификации является текстура и структура железистых кварцитов и железных руд. Этот основной признак классификации отчетливо фиксируется на фотографиях.

Помещенные в атласе макро- и микрофотографии весьма наглядно иллюстрируют различные текстурно-структурные типы и разновидности железных руд и железистых кварцитов КМА и некоторых других месторождений СССР.

Для железистых кварцитов месторождений СССР и зарубежных стран весьма характерна полосчатая текстура, обусловленная чередованием между собой рудных (магнетитовых и гематитовых) и нерудных (кварцевых и силикатных) прослойков.

По текстурным признакам железистые кварциты Курской магнитной аномалии разделяются на следующие типы.

А. По толщине (ширине) рудных и нерудных прослойков (полос):

1. Тонкополосчатые. Толщина отдельных прослойков (полос) колеблется от десятых долей миллиметра до 2 мм (фиг. 38, 40, 44, 45, 47, 52, 54, 69, 83, 84, 89).

2. Среднеполосчатые. Толщина отдельных прослойков (полос) колеблется от 2 до 5 мм (фиг. 37, 39, 41, 63, 64).

3. Крупнополосчатые (грубо- или широкополосчатые). Толщина отдельных прослойков (полос) колеблется от 0,5 до 2 см и более (фиг. 56). Такой текстурой обладают и некоторые разновидности железистых кварцитов Тувинской автономной области (фиг. 26—29).

4. Разнополосчатые. К этому типу относятся кварциты, которые состоят одновременно из различных по толщине прослойков (полос), присущих всем трем предыдущим текстурным типам (фиг. 55, 60, 65, 72, 77).

Б. По прямолинейности и выдержанности (по длине и толщине) прослойков:

1. Линейнополосчатые. Все рудные и безрудные прослойки (полосы) этих кварцитов являются прямолинейными и выдержанными по толщине (фиг. 69, 82).

2. Прерывистополосчатые (невыдержанно-линзовиднополосчатые). Отдельные прослойки (полосы) являются невыдержанными и быстро (на протяжении 1—5 см) пережимаются, выклиниваются и вновь появляются (фиг. 67, 68).

3. Брекчиевидные и смещенно-полосчатые. Прослойки (полосы) этих кварцитов разорваны, развальцованы и смещены в результате дизъюнктивных (тектонических) нарушений (фиг. 40, 65, 66).

4. Плойчатые (изогнутые). Прямолинейность прослойков (полос) этих кварцитов нарушена в результате пликативных (тектонических) нарушений (фиг. 37, 39, 53, 56, 57, 59, 61—64, 70, 75, 76, 79, 80, 82а; 82б).

Полосчатая (слоистая) текстура, характерная для железистых кварцитов КМА, весьма часто наблюдается и под микроскопом. Микрополосчатое (микрослоистое) строение этих кварцитов хорошо отражено на микрофотографиях 83, 84 и 86.

По структуре среди железистых кварцитов КМА можно выделить следующие разновидности.

1. Равномернозернистые (фиг. 84, 88, 89, 90, 98).
2. Неравномернозернистые (порфировидные) (фиг. 83, 86, 91, 92).
3. Тонкозернистые (фиг. 84, 88, 95).
4. Среднезернистые (фиг. 85, 86).
5. Кварциты со структурами замещения (фиг. 90, 91).

Текстуры железистых кварцитов Кривого Рога, Кременчугского и Попельнастовского месторождений, Казахстана и Тувинской автономной области, фотоснимки которых приведены в атласе для сравнения (фиг. 2—12, 20—33), в основном аналогичны текстурам железистых кварцитов КМА. Несколько своеобразной текстурой обладают железистые кварциты Южного Урала (фиг. 34—36). Совсем иную текстуру имеют докембрийские магнетитовые гнейсы Николаевского участка, расположенного между Попельнастовским месторождением и Кременчугом, которые представляют собой вкрапленную магнетитовую руду. Текстура этих гнейсов отражена на фигурах 13—19.

По условиям образования среди богатых железных руд бассейна КМА выделяют два основных типа: 1) остаточные руды, представляющие собой верхнюю зону коры выветривания железистых кварцитов, и 2) осадочные («переотложенные») руды, образовавшиеся при осаждении в водных бассейнах (девонского, каменноугольного и юрского периодов) продуктов размыва остаточных железных руд.

По текстурным признакам среди остаточных железных руд КМА выделяются следующие типы.

1. Полосчатые (линейнополосчатые, плойчатые и др.). Эти руды во многих случаях сохраняют остаточную (реликтовую) текстуру железистых кварцитов, за счет которых они образовались (фиг. 113, 115—118, 120, 149—166).
2. Брекчиевидные (фиг. 109, 110, 112, 114, 163).
3. Массивные (фиг. 119). Эти руды образовались при окислении магнетито-карбонатных руд гидротермального генезиса, залегающих в виде жил среди железистых кварцитов на некоторых участках.

Структура остаточных руд, внутреннее строение минералов, степень и форма замещения магнетита гематитом, а также формы выделения гидроокислов, карбонатов и сульфидов железа иллюстрируются микрофотографиями — фиг. 122—146.

Среди осадочных («переотложенных») руд по текстурным признакам выделяются следующие разновидности.

1. Конгломерато-брекчиевидные. Эти руды состоят из окатанных и остроугольных обломков остаточных руд (фиг. 172, 175, 176, 182).
2. Конгломератовые. Эти руды состоят из окатанных обломков остаточных руд (фиг. 173, 174, 177, 178, 179, 183, 186).
3. Песчанистые руды состоят из рудных песчинок (фиг. 184, 185).

К осадочным рудам относятся также руды, имеющие оолитовую текстуру и оолитовую структуру. Эти руды, в отличие от «переотложенных» руд, образовались при выпадении гидроокислов, карбонатов (сидеритов) и силикатов (хлоритов) железа из водных растворов.

Текстура и структура этих руд отражены на фиг. 187—192.

М. И. Калганов

ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КРИВОГО РОГА

(фиг. 2—6)

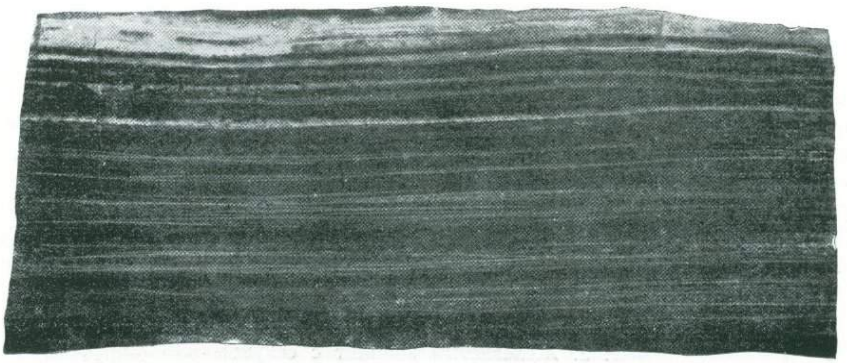
Образцы из коллекции Г. В. Тохтуева



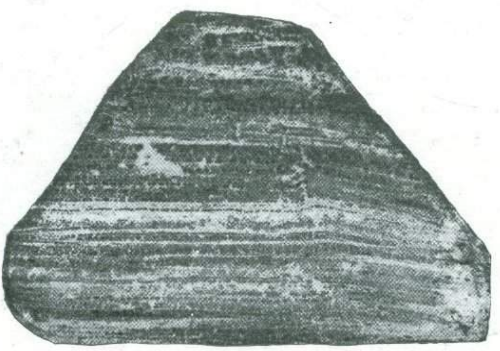
Фиг. 2. Железистый кварцит с секущими кварцевыми прожилками. Кривой Рог. Нат. вел.



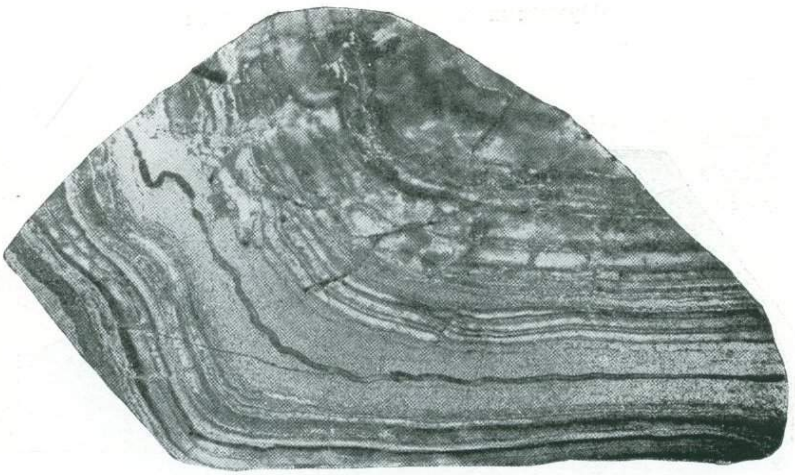
Фиг. 3. Железистый кварцит тонкополосчатый с секущими кварцевыми прожилками. Нат. вел.



Фиг. 4. Железистый кварцит тонкослоистый, окисленный. В верхней части снимка светлые кварцевые прослойки дезинтегрированы и перешли в мучнистый кремнезем (маршалит). Нат. вел.



Фиг. 5. Руда гематитовая («синька») с остаточной тонкослоистой текстурой, присущей железистым кварцитам, за счет которых эта руда образовалась. Нат. вел.



Фиг. 5а. Железистый кварцит плойчатый, окисленный. Нат. вел.



Фиг. 6. Руда гематитовая (мартитовая), брекчированная, с хорошо выраженной микроскладкой и тонкополосчатой текстурой, присущей железистым кварцитам, за счет которых эта руда образовалась. 0,75 нат. вел.

ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПОПЕЛЬНАСТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(фиг. 7—12)

Образцы из коллекции Я. М. Грицкова



Фиг. 7. Железистый кварцит плойчатый, состоит из кварца и железного блеска. Нат. вел. Скв. № 515.



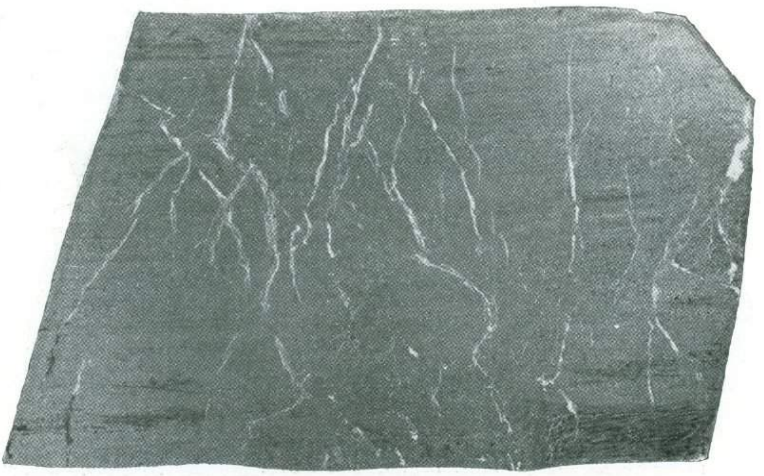
Фиг. 8. Железистый кварцит плойчатый, разбит секущими трещинами, по которым наблюдается смещение прослойков. Состоит из прослойков кварца и железного блеска. Скв. № 515. Нат. вел.



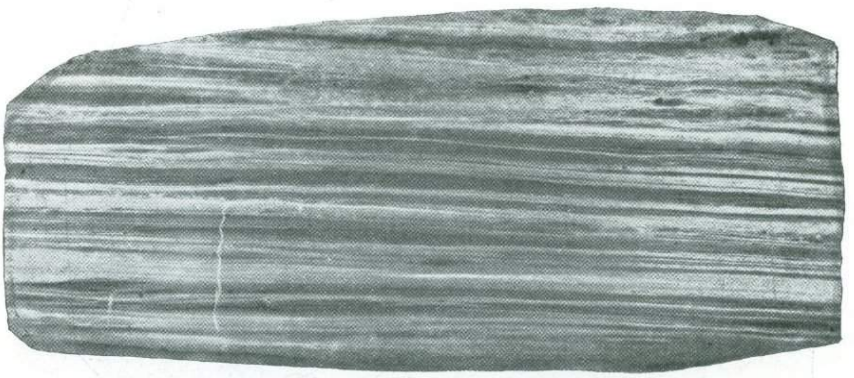
Фиг. 9. Железистый кварцит плойчатый, железнослюдковый. Нат. вел. Скв. № 515.



Фиг. 10. Железистый кварцит, железнослюдковый, плойчатый с залеченными трещинами разрыва. Нат. вел.



Фиг. 11. Гематитовая руда состоит из мелкочашуйчатого железного блеска. Секущие прожилки сложены порошковатым гематитом. Заметна остаточная тонкополосчатая текстура. Нат. вел. Скв. № 316

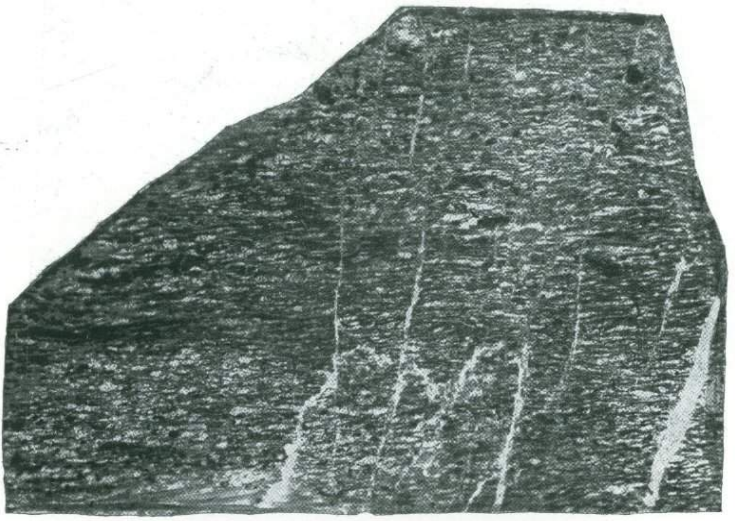


Фиг. 12. Железистый кварцит тонкополосчатый, состоит из прослойков железного блеска (светлосерое) и кварца (темное). Полированный штуф. Нат. вел.

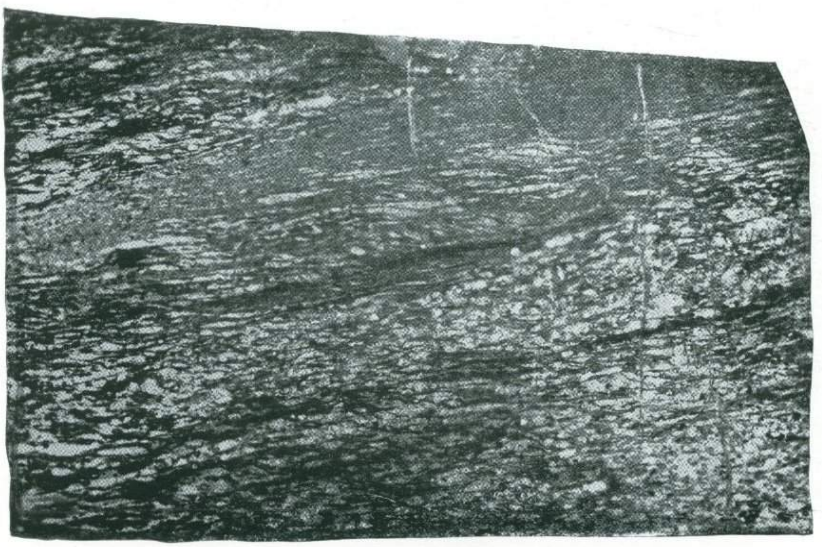
ТЕКСТУРЫ МАГНЕТИТОВЫХ ГНЕЙСОВ (ВКРАПЛЕННЫХ МАГНЕТИТОВЫХ РУД) НИКОЛАЕВСКОГО УЧАСТКА

(фиг. 13—19)

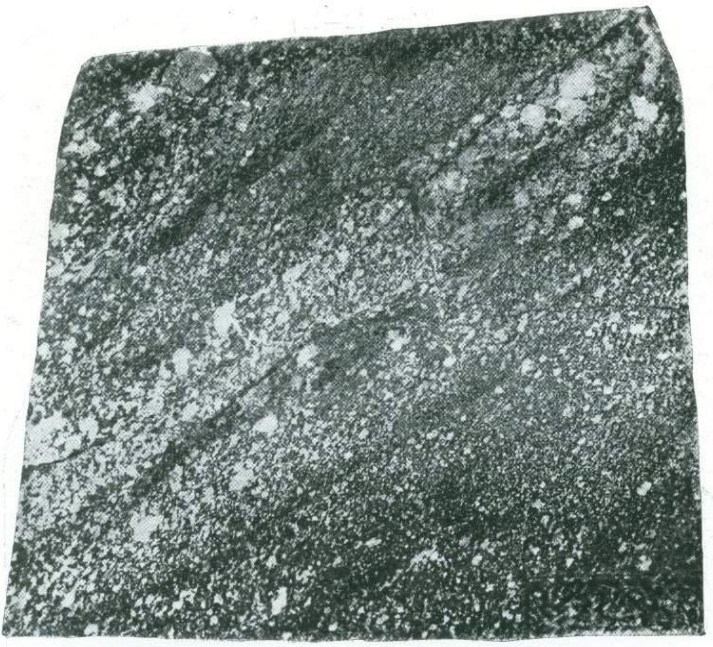
Образцы из коллекции Я. М. Грицкова



Фиг. 13. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) сланцеватой текстуры. Удлиненные магнетитовые вкрапленники (светлое и светлосерое) расположены согласно сланцеватости породы. Нат. вел. Полиров. штуф. Скв. № 7.



Фиг. 14. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) сланцеватой текстуры. Полированный штуф. Нат. вел.



Фиг. 15. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) сланцеватой текстуры. Нат. вел.



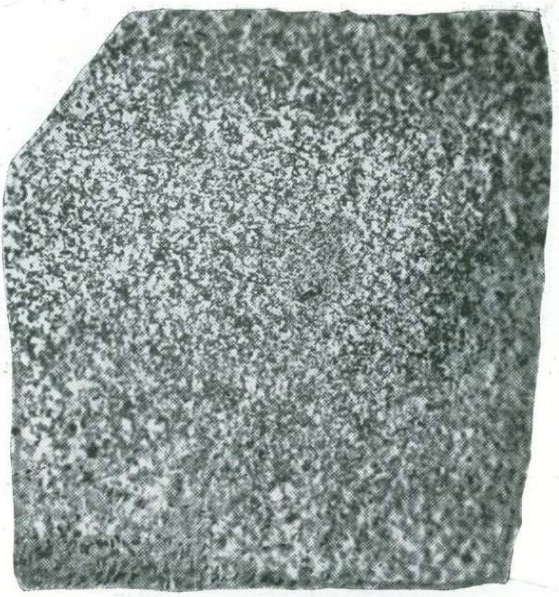
Фиг. 16. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда). Магнетит в виде изометричных зерен (серое и светлосерое) располагается вместе с нерудными минералами (темное и темносерое). Полированный штуф. Нат. вел.



Фиг. 17. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) тонкополосчатый. Нат. вел.



Фиг. 18. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) мелкозернистый. Нат. вел.



Фиг. 19. Магнетитовый гнейс (вкрапленная магнетитовая руда) тонкозернистый. Нат. вел.

ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КРЕМЕНЧУГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(фиг. 20—25)

Образцы из коллекции М. Н. Доброхотова



Фиг. 20. Железистый кварцит среднеполосчатый окисленный. Нат. вел.



Фиг. 21. Железистый кварцит плойчатый, с разрывом и смещением отдельных прослойков. Нат. вел.



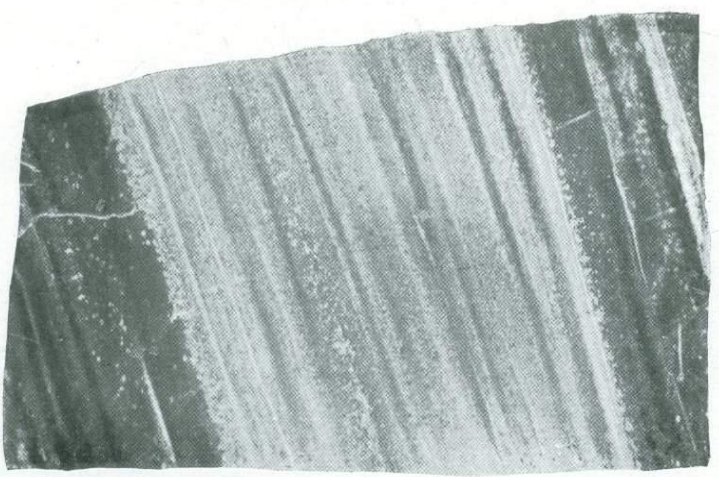
Фиг. 22 Железистый кварцит тонкополосчатый с секущими кварцевыми прожилками. Нат. вел.



Фиг. 23. Железистый кварцит тонкополосчатый с секущим прожилком железного блеска. Нат. вел.



Фиг. 24. Руда гематитовая (мартитовая), брекчиевидная. Нат. вел.



Фиг. 25. Кристаллические сланцы (темное) с прослоями тонкополосчатого железистого кварцита (светлосерое). Нат. вел.

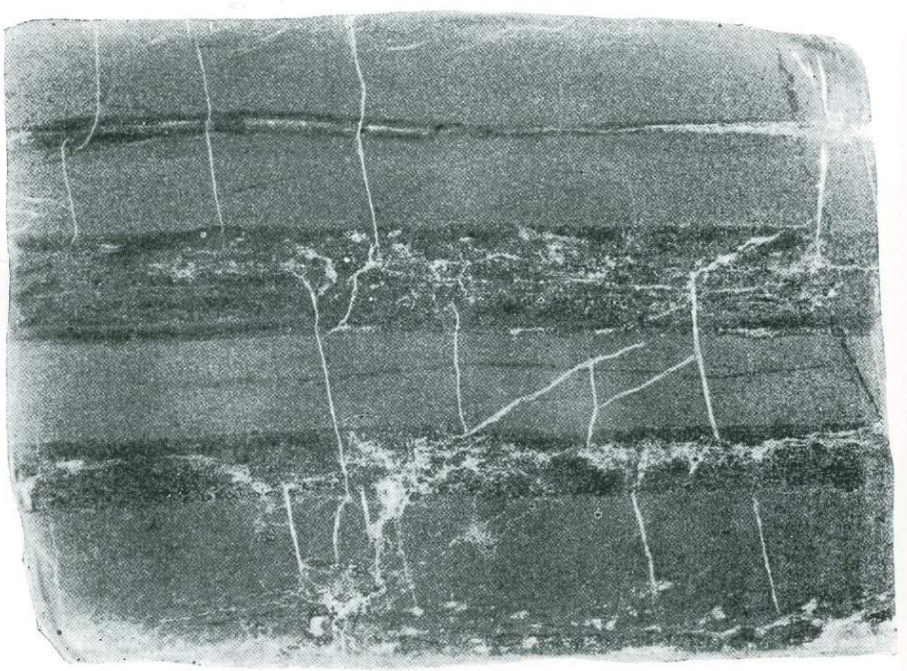
ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ТУВИНСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

(фиг. 26—29)

Образцы из коллекции Г. Д. Курочкина



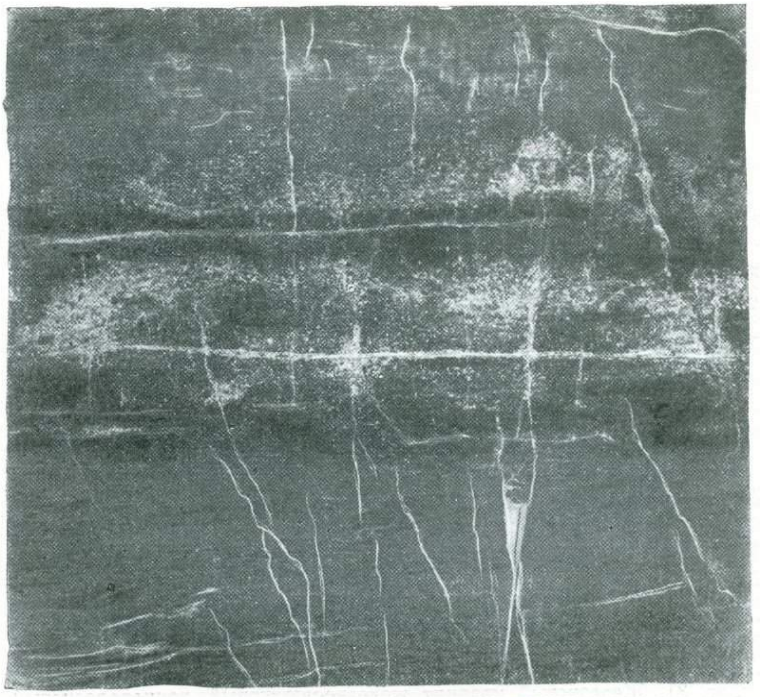
Фиг. 26. Железистый кварцит среднеполосчатый. Магнетитовые прослойки (более темные) чередуются с кварцевыми прослойками (серое и светло-серое). Нат. вел.



Фиг. 27. Железистый кварцит среднеполосчатый. Нат. вел.



Фиг. 28. Железистый кварцит крупнополосчатый с секущими кварцево-полевошпатовыми прожилками (темное и светлое). Нат. вел.

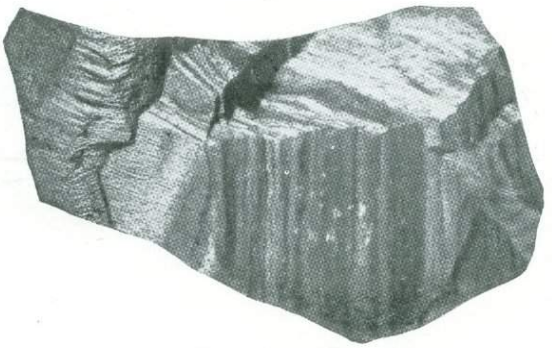


Фиг. 29. Железистый кварцит крупнополосчатый трещиноватый. Нат. вел.

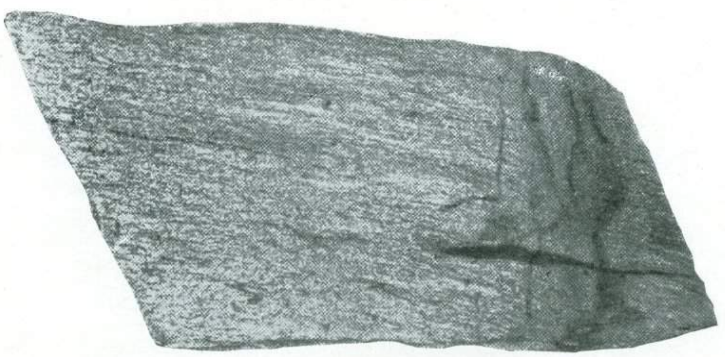
ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КАЗАХСТАНА

(фиг. 30—33).

Образцы из коллекции В. А. Адамчука



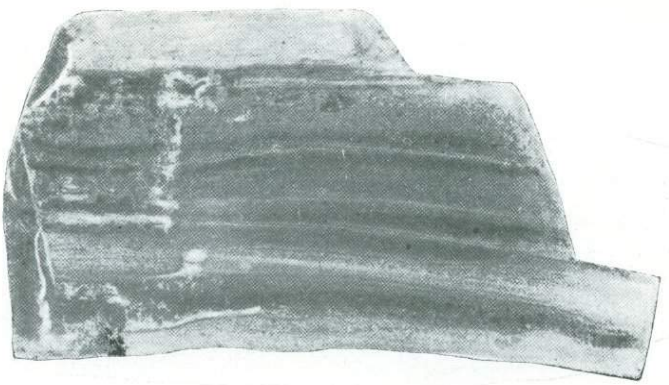
Фиг. 30. Железистый кварцит, состоит из мелкочешуйчатого железного блеска и кварца. На снимке видна плойчатость тонких прослойков. Нат. вел.



Фиг. 31. Железистый кварцит железнослюдковый, тонкополосчатый. 0,7 нат. вел.



Фиг. 32. Железистый кварцит железнослюдковый, тонкополосчатый. Нат. вел.

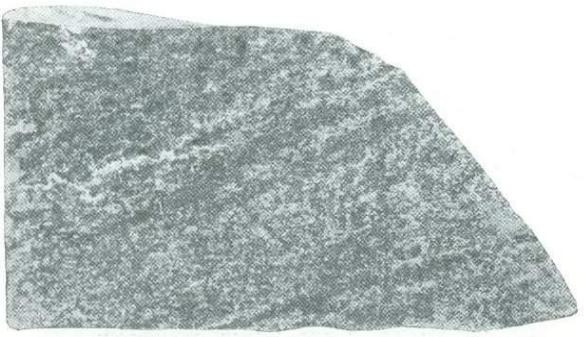


Фиг. 33. Железистый кварцит магнетито-гематитовый, окисленный. Нат. вел.

ТЕКСТУРЫ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ЮЖНОГО УРАЛА. МЕСТОРОЖДЕНИЕ ТАРАТАШСКОЕ

(фиг. 34—36)

Образцы из коллекции Т. А. Смирновой



Фиг. 34. Железистый кварцит тонкополосчатый, состоит из магнетита и силикатов. Южный Урал, Кусинский район, месторождение Тараташ.



Фиг. 35. Железистый кварцит состоит из тонких невыдержанных кварцево-силикатных (серое) и магнетитовых (черное) прослойков. Нат. вел.



Фиг. 36. Железистый кварцит. Магнетит (темное) располагается прерывистыми полосами среди кварцево-силикатной массы (светло-серое). Нат. вел.

ТЕКСТУРЫ СВЕЖИХ (НЕ ОКИСЛЕННЫХ) ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

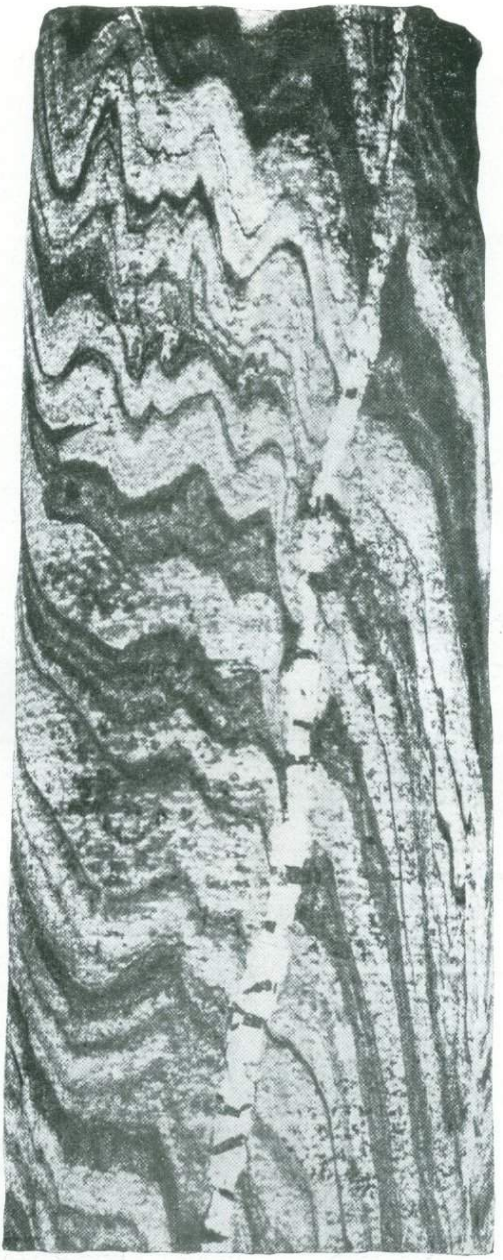
(фиг. 37—82б)



Фиг. 37. Железистый кварцит плойчатый с секущими кварцевыми (четкообразными) прожилками, среди которых наблюдаются также секущие шнурочки железного блеска (черное). Керн бур. скв. Нат. вел. Рудник им. Губкина.



Фиг. 38. Железистый кварцит тонкополосчатый, плойчатый. Керн. Нат. вел.



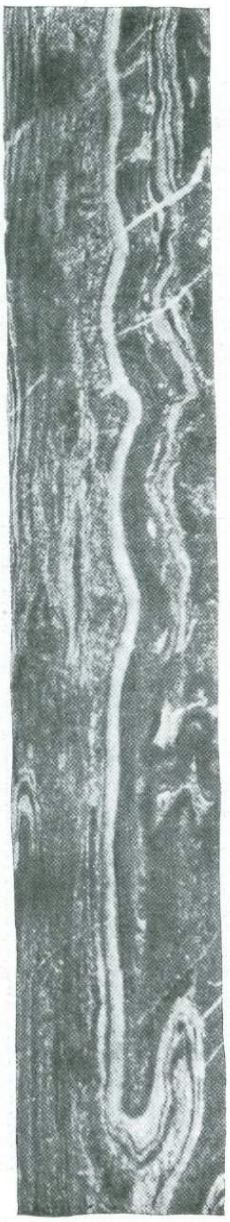
Фиг. 39. Железистый кварцит плойчатый с секущими прожилками кварца (белое), среди которого наблюдаются также секущие шнурочки железного блеска (черное). Керн. Нат. вел.



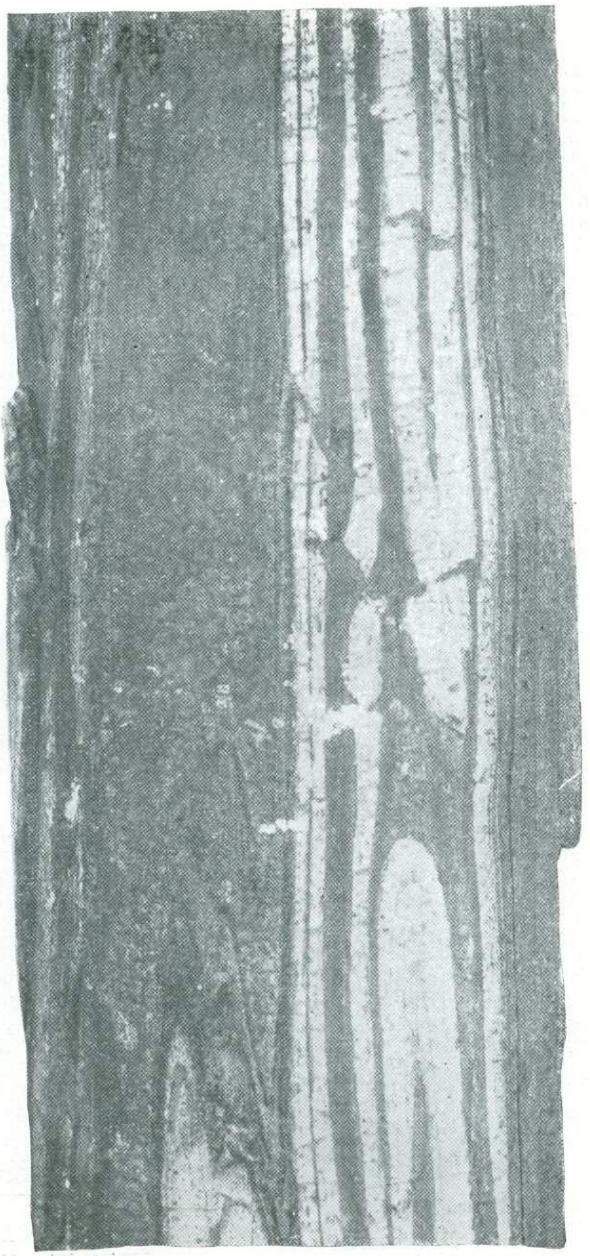
Фиг. 40. Железистый кварцит, плойчатый с порванными отдельными прослойками и секущими кварцевыми прожилками. Керн. Нат. вел.



Фиг. 41. Железистый кварцит с изогнутыми плойчатыми прослойками. Керн. Нат, вел.



Фиг. 42. Железистый кварцит тонкополосчатый, плойчатый. Керн. Нат. вел.



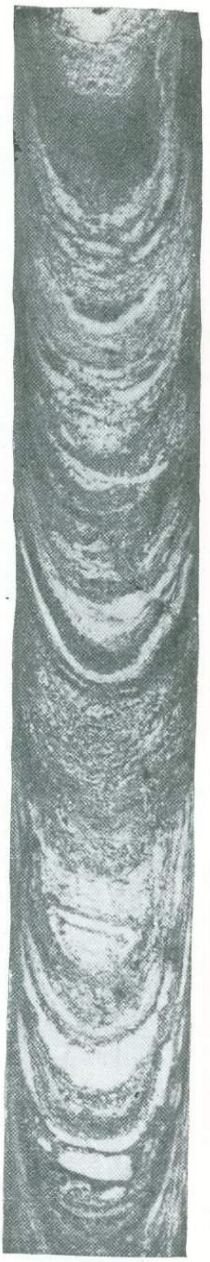
Фиг. 43. Железистый кварцит с изогнутыми, разорванными и смещенными отдельными прослойками. Керн. Нат. вел.



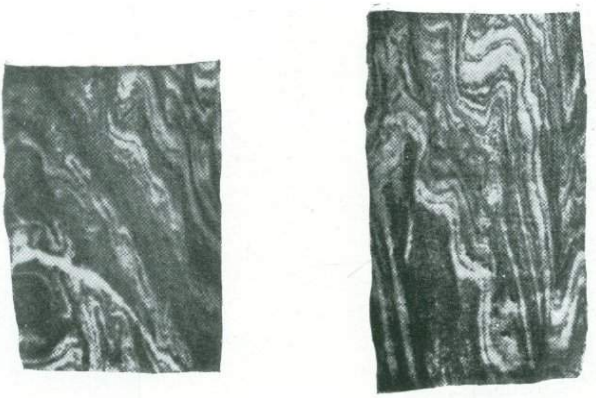
Фиг. 44. Железистый кварцит тектонически нарушенный. В нижней части снимка прослои окисленных кварцитов располагаются вертикально, а в верхней — прослойки не окисленных кварцитов залегают почти горизонтально. Включения пирита — белое. Керн. Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 15.



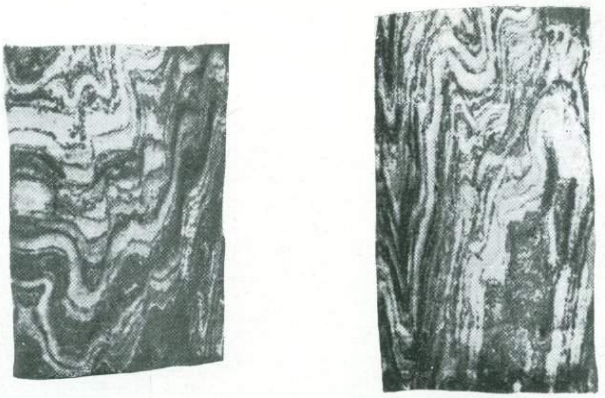
Фиг. 45. Железистый кварцит плойчатый с тонкими секущими кварцевыми прожилками. Керн. Нат. вел. Рудник им. Губкина.



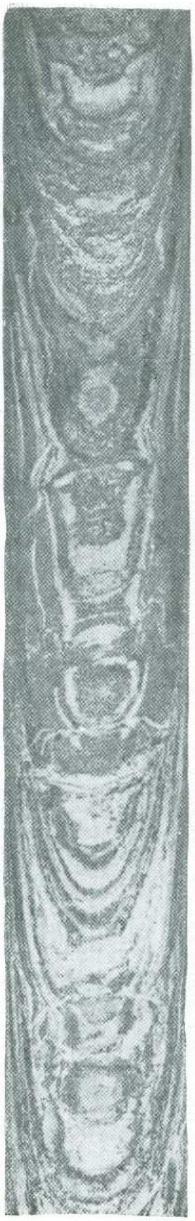
Фиг. 46. Железистый кварцит. Прослойки кварца (белое) и магнетита (темное) располагаются под углом к оси керна. Нат. вел.



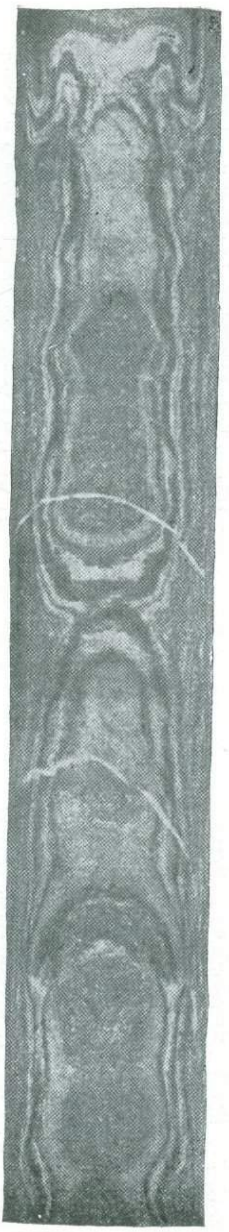
Фиг. 47. Железистый кварцит тонкополосчатый, плойчатый. Керн. Нат. вел.



Фиг. 48. Железистый кварцит тонкополосчатый, плойчатый. Нат. вел. Рудник им. Губкина.



Фиг. 49. Железистый кварцит плойчатый. В керне образуются рисунки сложной формы, вследствие пересечения породы буровой коронкой. Нат. вел.



Фиг. 50. Железистый кварцит плойчатый. Керн. Нат. вел.



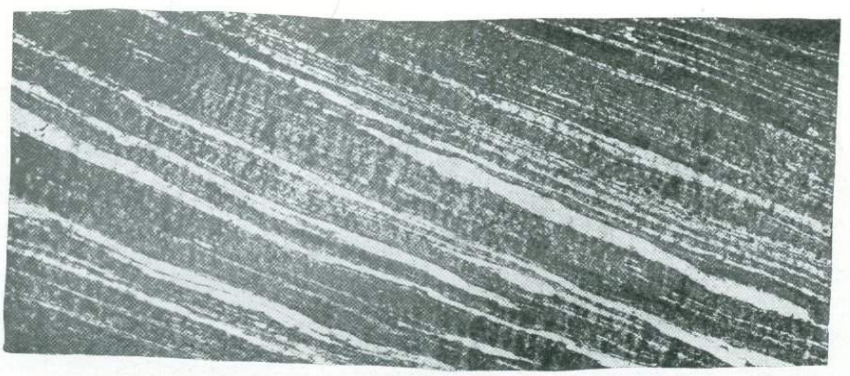
Фиг. 51. Железистый кварцит с раздувами и смещением прослойков. Керн. Нат. вел.



Фиг. 52. Железистый кварцит тонкополосчатый. Керн. Нат. вел.



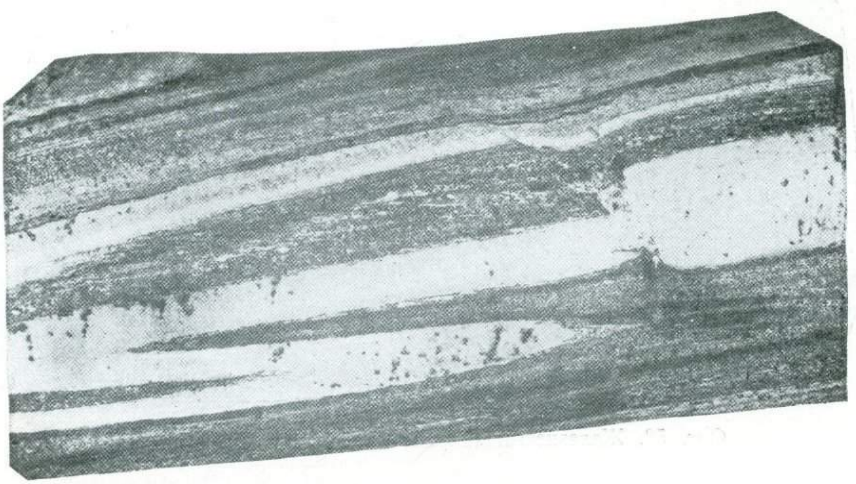
Фиг. 53. Железистый кварцит плойчатый. Кварцевые прослойки (белые), при пересечении их буровой коронкой образуют извилистые очертания. Керн. Нат. вел.



Фиг. 54. Железистый кварцит тонкополосчатый состоит из кварца, магнетита, железного блеска, хлорита и других силикатов. Керн. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 204.



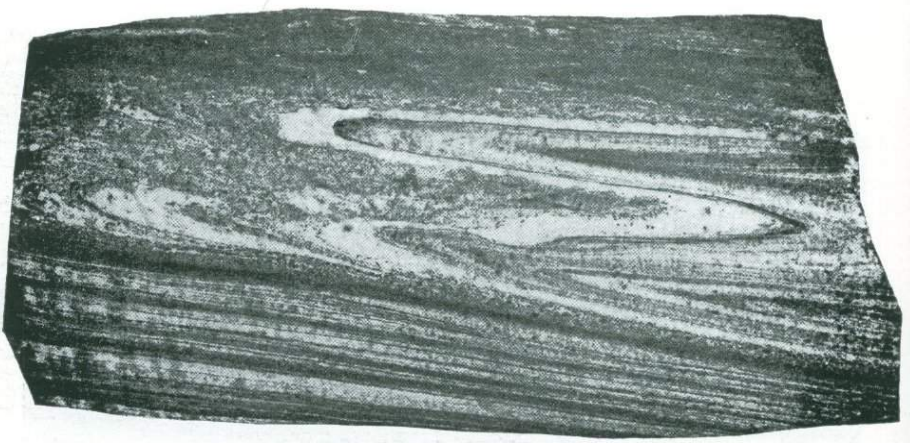
Фиг. 55. Железистый кварцит. Кварцевые прослойки (светлое) имеют раздувы. Керн. Нат. вел.



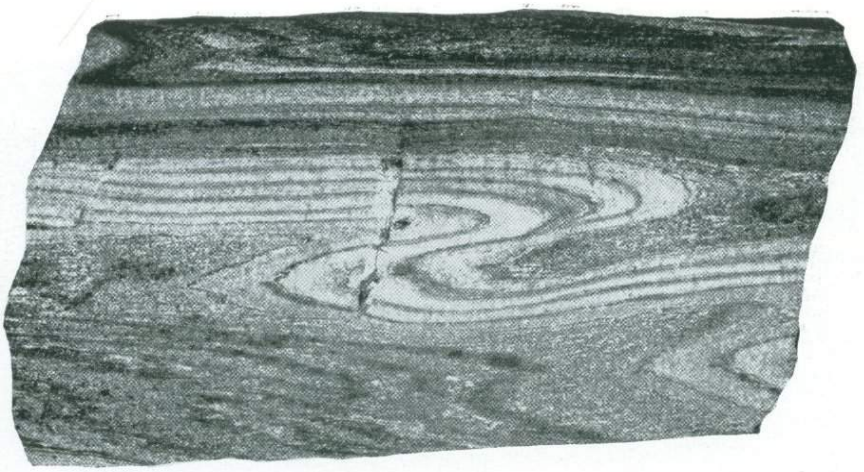
Фиг. 56. Железистый кварцит с изогнутыми и утолщенными кварцевыми прослойками. Керн. Нат. вел.



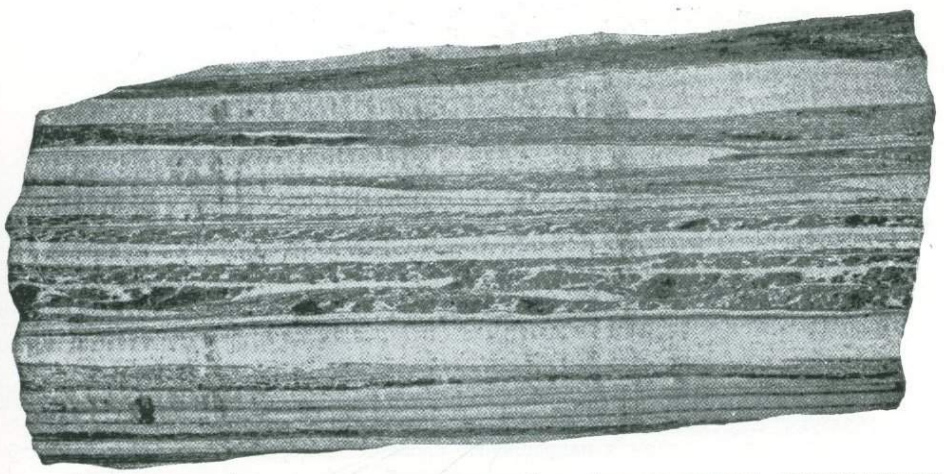
Фиг. 57. Железистый кварцит плойчатый. Керн. Нат. вел.



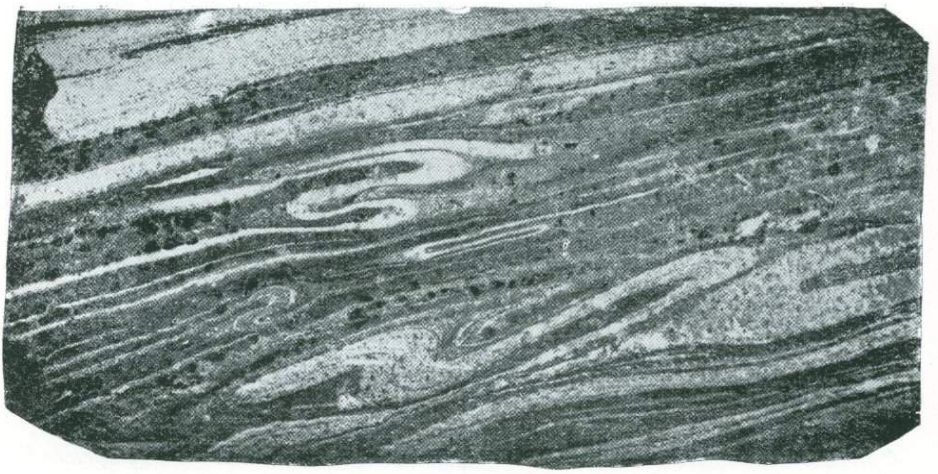
Фиг. 58. Железистый кварцит плойчатый. Керн. Нат. вел.



Фиг. 59. Железистый кварцит тонкополосчатый, плойчатый. В центральной части снимка секущий кварцевый прожилок с пластинками железного блеска (черное). Керн. 0,7 нат. вел.



Фиг. 60. Железистый кварцит разнополосчатый с брекчиевидными магнетитовыми прослойками (черное — в средней части снимка) и с тонкими плойчатыми и выклинивающимися кварцевыми прослойками. Керн. 0,75 нат. вел.



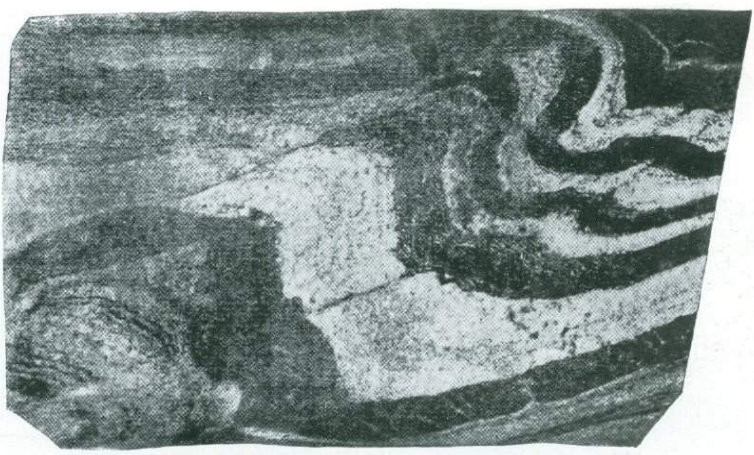
Фиг. 61. Железистый кварцит окисленный, плойчатый. Керн. Нат. вел.



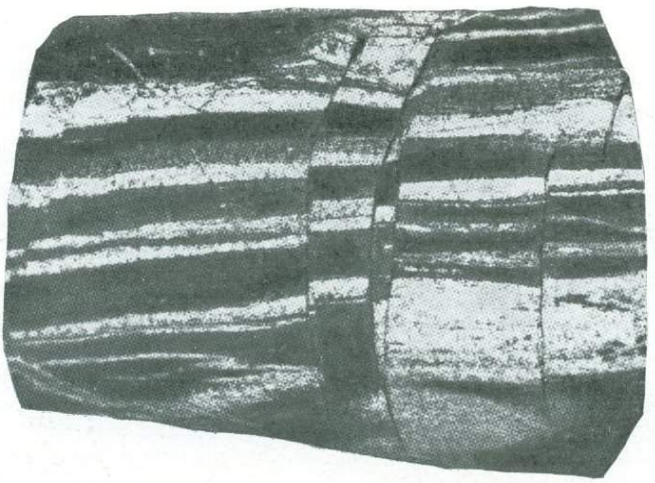
Фиг. 62. Железистый кварцит плойчатый. Кварцевые прослойки (белое) образуют сложные очертания при пересечении их буровой коронкой под некоторым углом к направлению слоистости. Керн. 0,75 нат. вел.



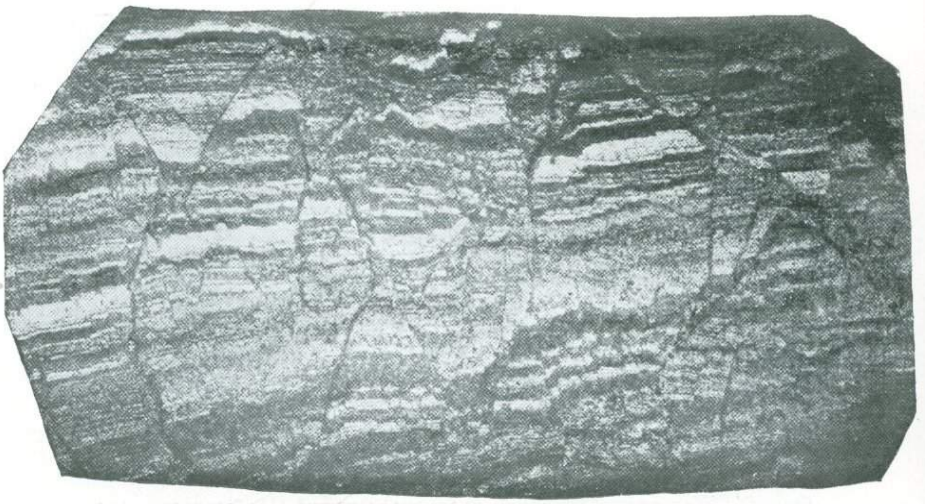
Фиг. 63. Железистый кварцит среднеполосчатый. На изгибах кварцевых и магнетитовых прослойков наблюдается их утолщение. Керн, Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 903.



Фиг. 64. Железистый кварцит среднеполосчатый. Наблюдается утолщение, гофрировка и смещение (по продольным трещинам) прослойков кварца (светлое) и магнетита (темное). Керн. Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 903.



Фиг. 65. Железистый кварцит с поперечными разрывами, по которым смещены кварцевые и магнетитовые прослойки. Керн. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0128.



Фиг. 66. Железистый кварцит со смещенными прослойками по секущим трещинам. Керн. Нат. вел. Салтыковский участок, скв. № 729.



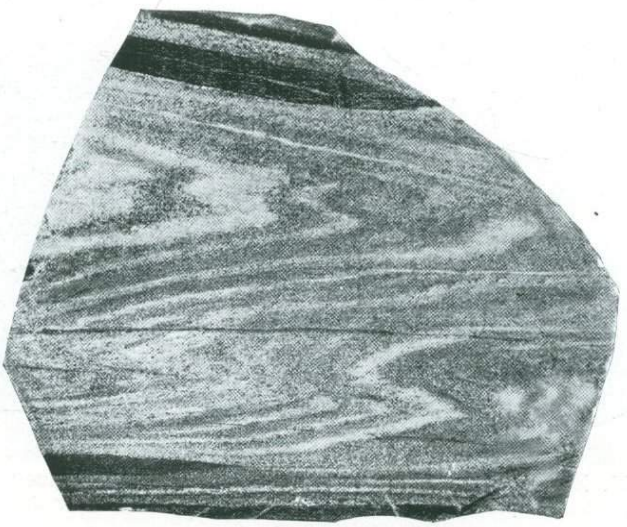
Фиг. 67. Железистый кварцит с частыми пережимами силикатных (светлосерое) и магнетитовых (темное) прослойков. Керн. Нат. вел. Салтыковский участок, скв. № 729.



Фиг. 68. Железистый кварцит тонкополосчатый со смещением прослойков по секущим трещинам. Керн. Нат. вел. Салтыковский участок, скв. № 729.



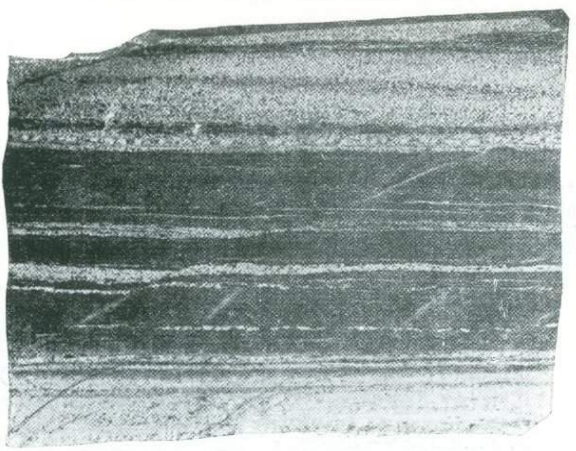
Фиг. 69. Железистый кварцит тонкополосчатый. Светлосерые полосы — магнетит, темные полосы — кварц с тончайшей примесью магнетита. Полированный штуф. Нат. вел.



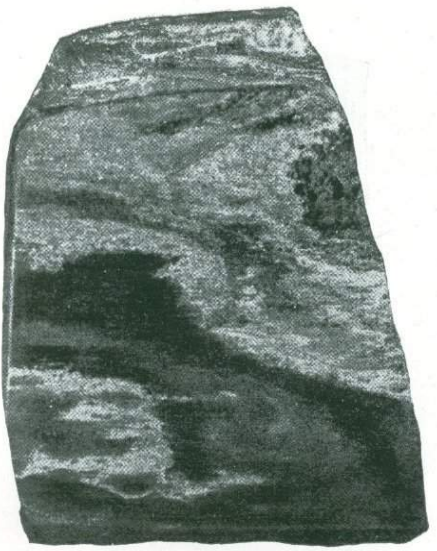
Фиг. 70. Железистый кварцит плойчатый. Темные прослойки — кварц с тонкой примесью магнетита и железного блеска, светлосерые прослойки — магнетит с примесью железного блеска. Полированный штуф. Нат. вел.



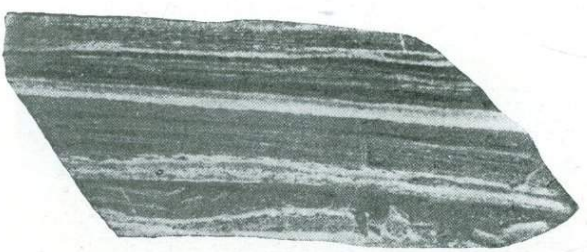
Фиг. 71. Железистый кварцит. Темное — прослойки магнетита, светлое — прослойки кварца. Полированный штуф. Нат. вел.



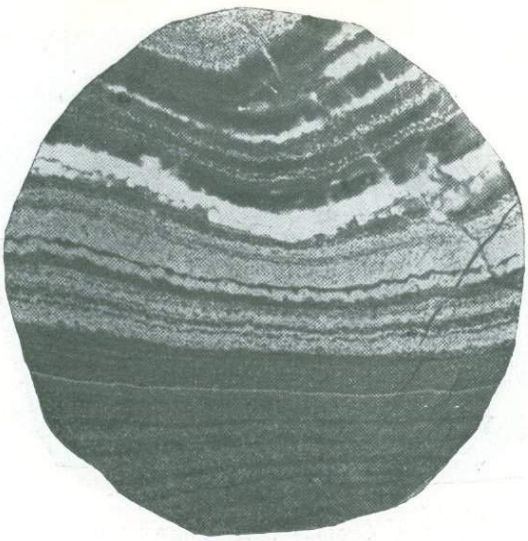
Фиг. 72. Железистый кварцит. Светлосерые полосы — магнетит, темные — кварц с тонкими включениями магнетита и гематита. Полированный штуф. Нат. вел.



Фиг. 73. Железистый кварцит. Серое — магнетит и железный блеск, темное — кварц. Полировка штуфа сделана параллельно слоистости породы. Нат. вел.



Фиг. 74. Железистый кварцит. Светлые прослойки — магнетит и железный блеск, темные прослойки—кварц с тонкой примесью железистых минералов. Полированный штуф. Нат. вел.



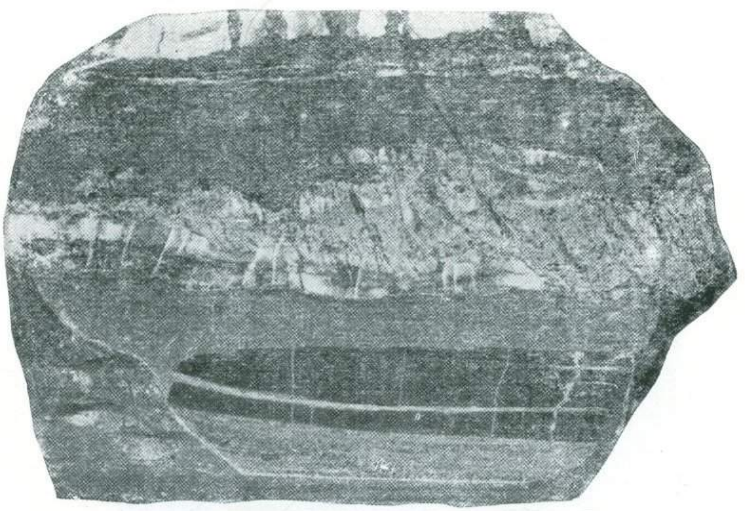
Фиг. 75. Железистый кварцит. Белое — прослойки кварца, светлосерое — магнетит, темное и темносерое — кварц с тонкой примесью магнетита. Полированный штуф. Нат. вел.



Фиг. 76. Железистый кварцит плойчатый, окисленный. Полированный штуф. Нат. вел. Тимской участок, скв. № 654.



Фиг. 77. Железистый кварцит окисленный. Светлосерое — гематитовые прослойки, темное — кварцевые прослойки с примесью гематита. Полированный штуф. Нат. вел. Тимской участок, скв. № 654.



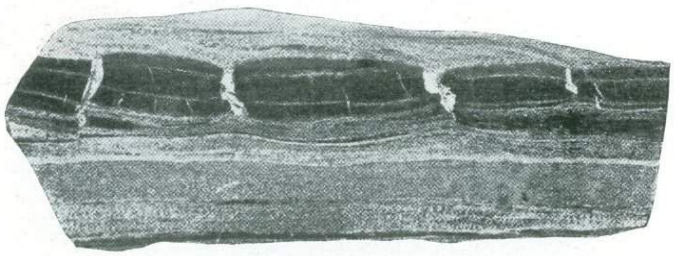
Фиг. 78. Железистый кварцит с прослоями чистого кварца (белое), силикатов — куммингтонита (серое в средней части снимка), магнетита (темносерое) и кварца с тонкой примесью магнетита (темное в нижней части снимка). Полированный штуф. Нат. вел.



Фиг. 79. Железистый кварцит окисленный, плойчатый, сидеритизированный. Полированный штуф. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 80. Железистый кварцит плойчатый, окисленный. Полированный штуф. Нат. вел.



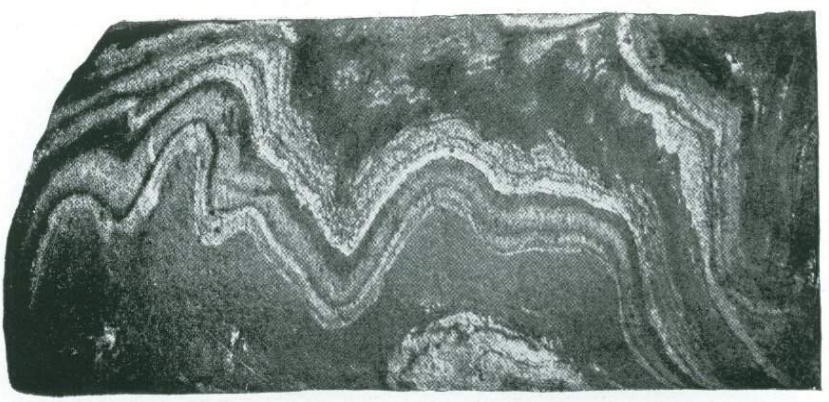
Фиг. 81. Железистый кварцит. Светлосерое — прослойки магнетита, темное — кварцевый прослоек с тончайшей примесью магнетита. Светлые поперечные прожилки — железный блеск. Полированный штуф. Нат. вел. Рудник им. Губкина.



Фиг. 82. Железистый кварцит тонкополосчатый. Нат. вел.



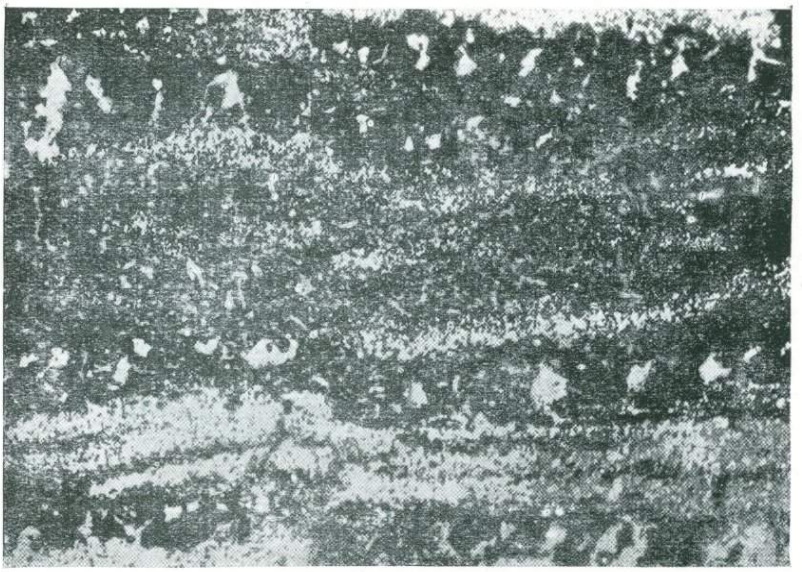
Фиг. 82а. Железистый кварцит плойчатый. Керн. Нат. вел.
Реутецкий участок, скв. № 15.



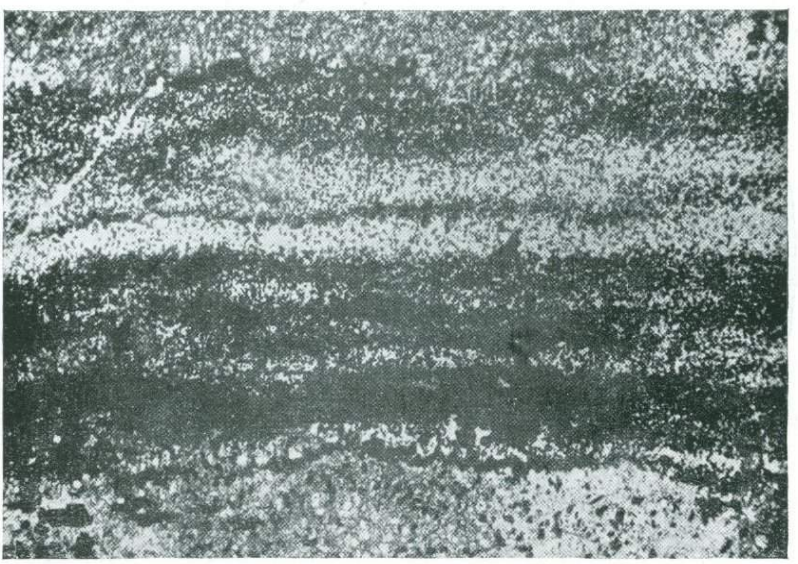
Фиг. 82б. Железистый кварцит плойчатый. Кварцевые и силикатные (преимущественно биотитовые) прослойки (белое и светлосерое) чередуются с магнетитовыми и отчасти с гематитовыми (железнослюдковыми) прослойками (темносерое и черное). Керн. 0,75 нат. вел.
Веретенинский участок, скв. № 710.

МИКРО-ФОТОГРАФИИ, ИЛЛЮСТРИРУЮЩИЕ СТРУКТУРУ СВЕЖИХ (НЕ ОКИСЛЕННЫХ) ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

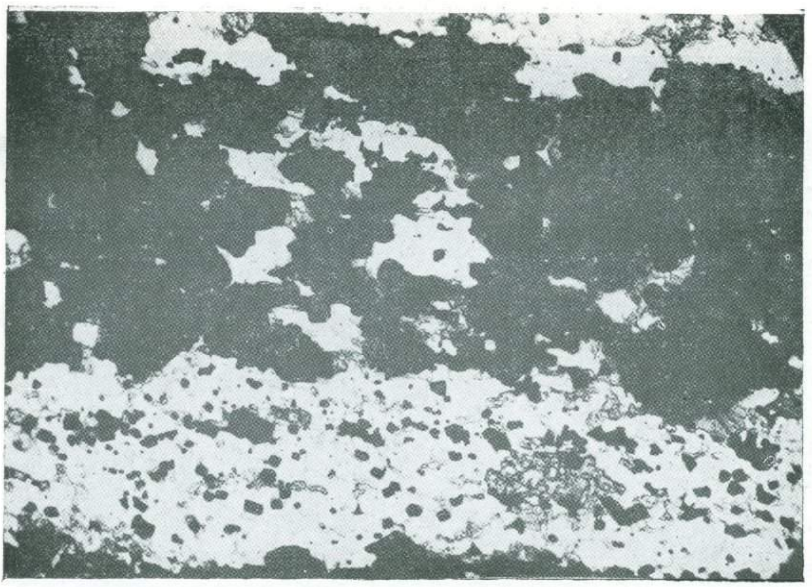
(фиг. 83—100)



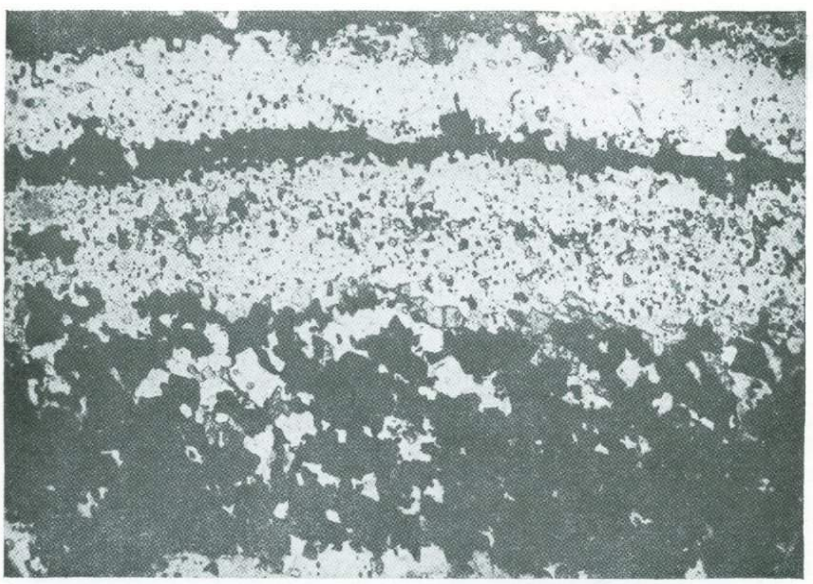
Фиг. 83. Железистый кварцит микрополосчатой текстуры. Тонкие магнетитовые (черное) прослойки чередуются с кварцевыми прослойками (белое), имеющими торцовую структуру. Среди магнетитовых прослойков образуются более крупные кварцевые участки. Ник. ||, ×26. Роговской участок, скв. № 644.



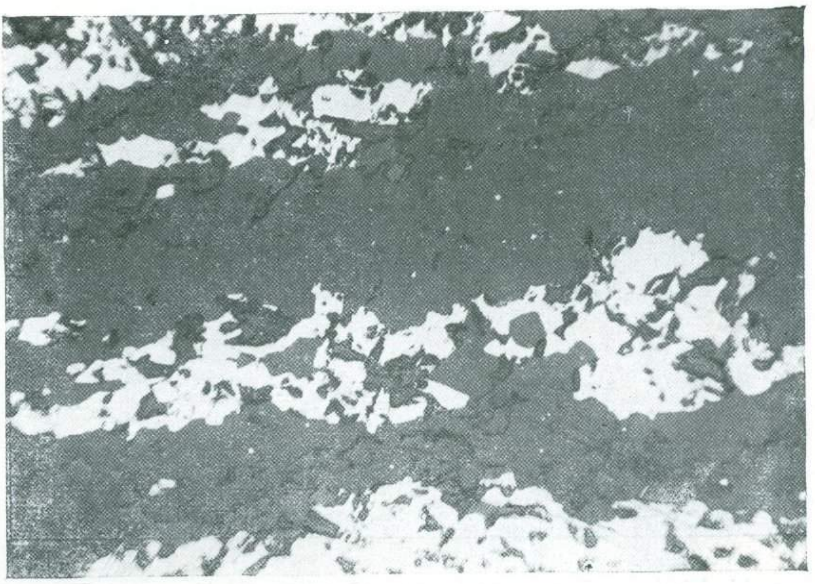
Фиг. 84. Железистый кварцит микрополосчатой текстуры. Магнетитовые (черное) прослойки чередуются с кварцевыми прослойками (светлое), имеющими крипто-кристаллическую структуру. В магнетитовых прослойках заключены мелкие зерна кварца, а в кварцевых наблюдаются тонкие зерна магнетита. Ник. ||, × 46. Роговский участок, скв. № 644.



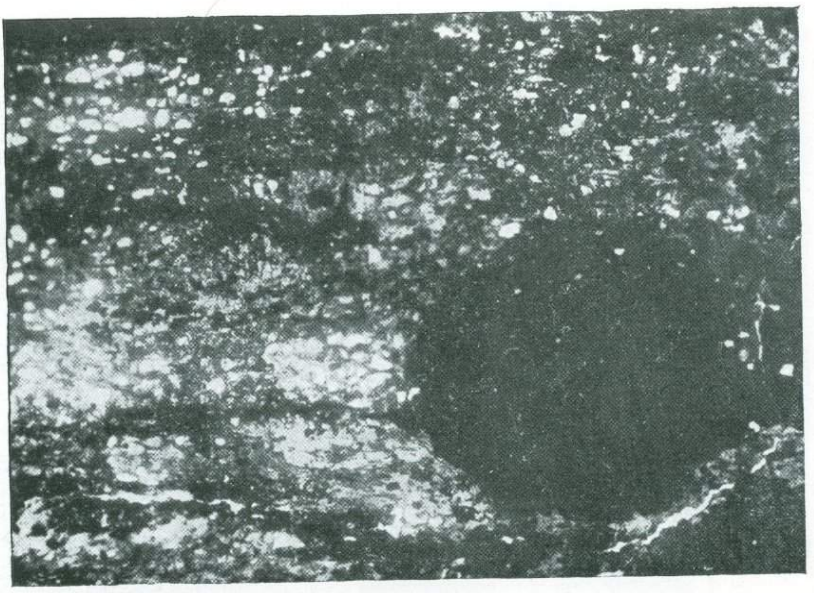
Фиг. 85. Железистый кварцит полосчатой текстуры. Магнетитовые прослойки (темное) чередуются с кварцевыми прослойками (белое). Среди кварцевых прослойков, имеющих торцовую структуру, наблюдается тонкая вкрапленность магнетита, а среди магнетитовых прослойков располагаются кварцевые участки. Ник. ||, ×46. Шахта им. И. М. Губкина.



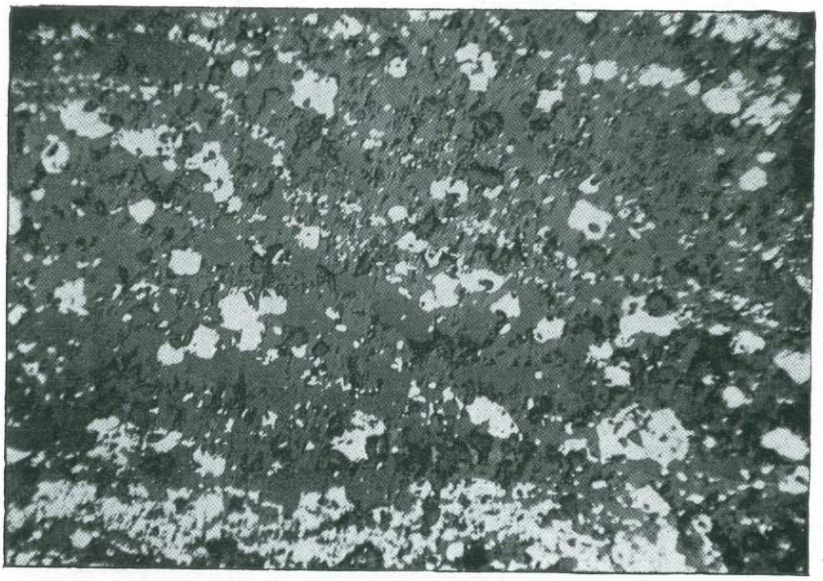
Фиг. 86. Тонкополосчатый железистый кварцит. Магнетит (темное) чередуется с кварцевыми полосами (белое), содержащими тонкую вкрапленность магнетита. В магнетитовых прослойках наблюдаются выделения кварца и кальцита (белое и серое). Ник. ||, ×46. Шахта им. И. М. Губкина.



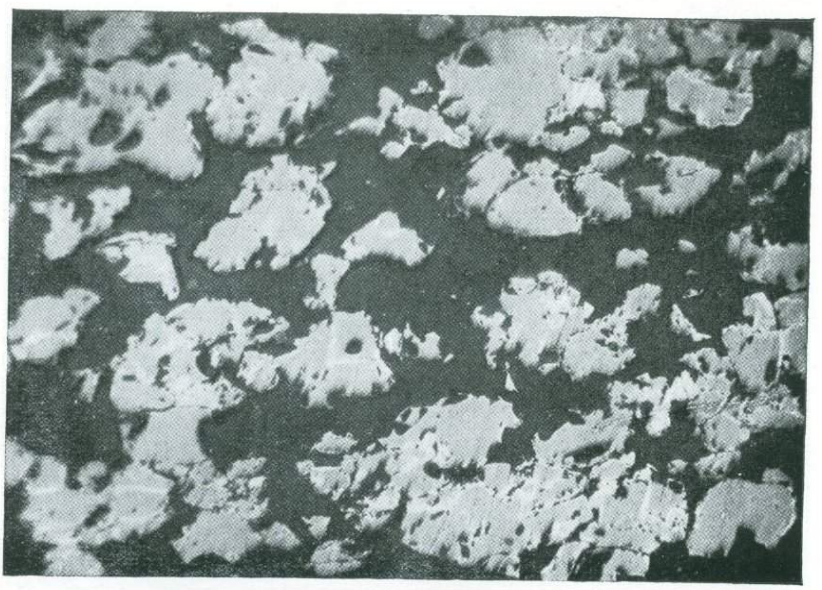
Фиг. 87. Тонкополосчатый железистый кварцит. Тонкие магнетитовые прослойки (светлое) переслаиваются с кварцевыми прослойками (темно-серое). Отраж. свет, × 80.



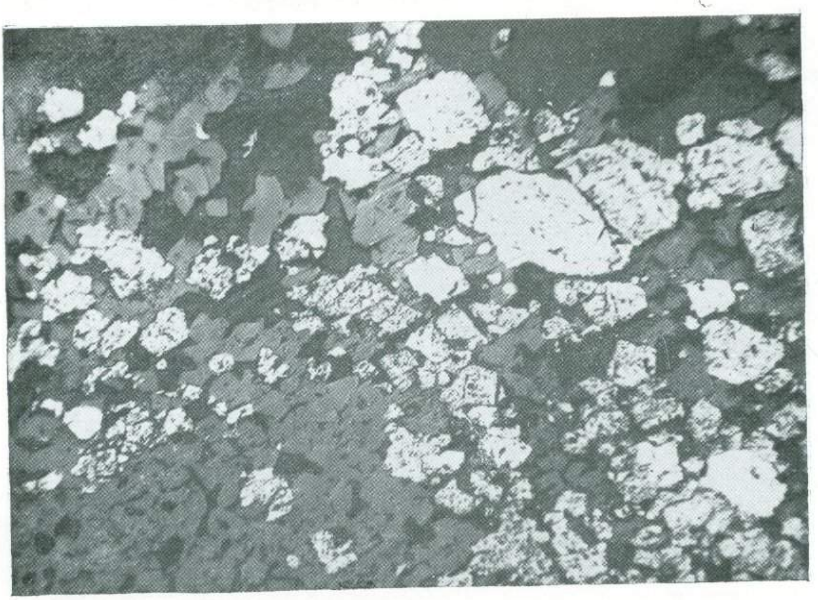
Фиг. 88. Кристаллический сланец, ожелезненный и окисленный. Зерна кварца (светлое) располагаются в ассоциации с кальцитом (серое) и гематитом (темное), образующим местами сплошные скопления. Ник. ||, × 46.



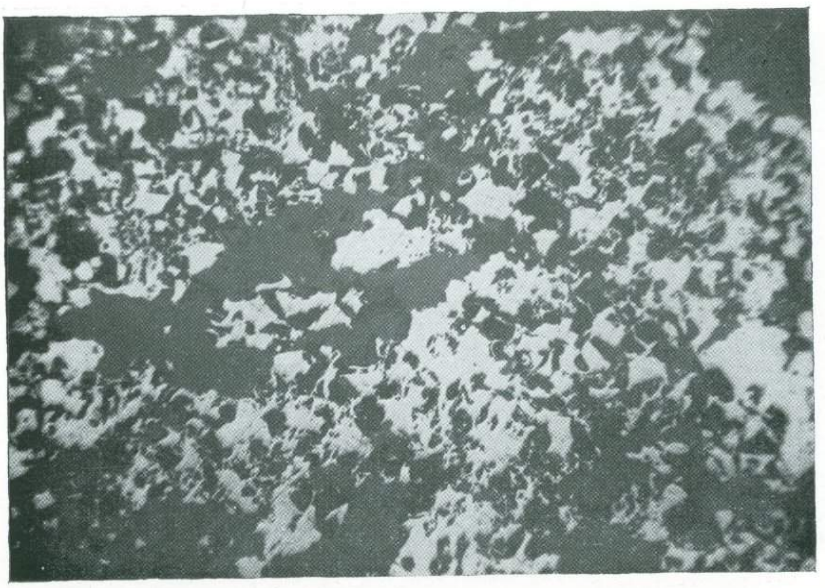
Фиг. 89. Железистый кварцит. Магнетит (светлое) в виде мелких и более крупных зерен располагается среди кварца (темное), образующего тонкие прослои. Отраж. свет, × 80.



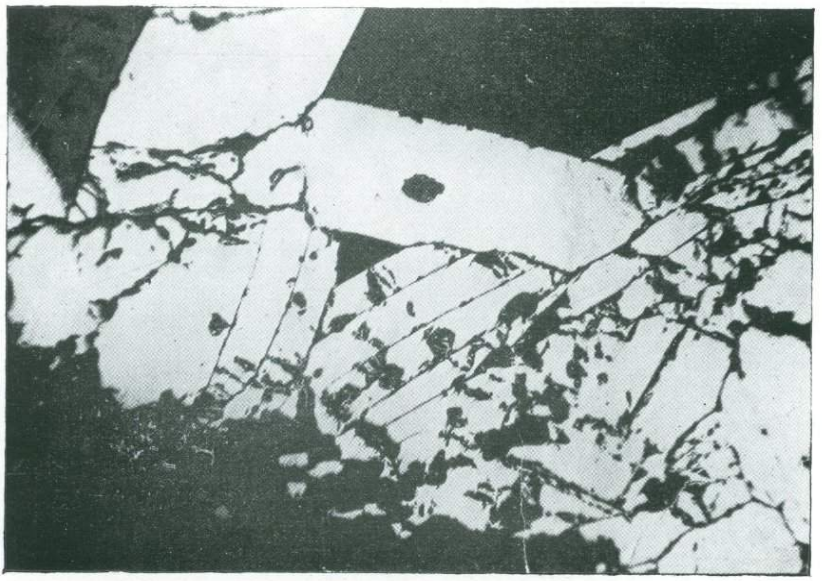
Фиг. 90. Окисленный железистый кварцит. Зерна магнетита (светлосерое) располагаются среди кварца (темное) и частично замещены мартитом (белые участки). Отраж. свет, × 265.



Фиг. 91. Окисленный железистый кварцит. Зерна магнетита (светлосерые с рельефом), во многих случаях замещенные мартитом (белое), располагаются в кварцевой массе (темносерое и черное). Отраж. свет, × 80.



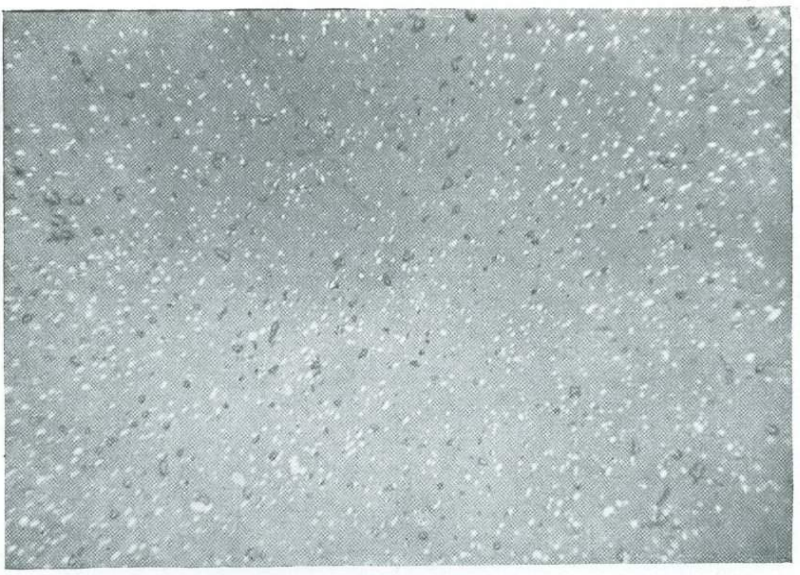
Фиг. 92. Железистый кварцит. Магнетит (светлое) распределен спорадически среди кварца (темное). Отраж. свет, × 80.



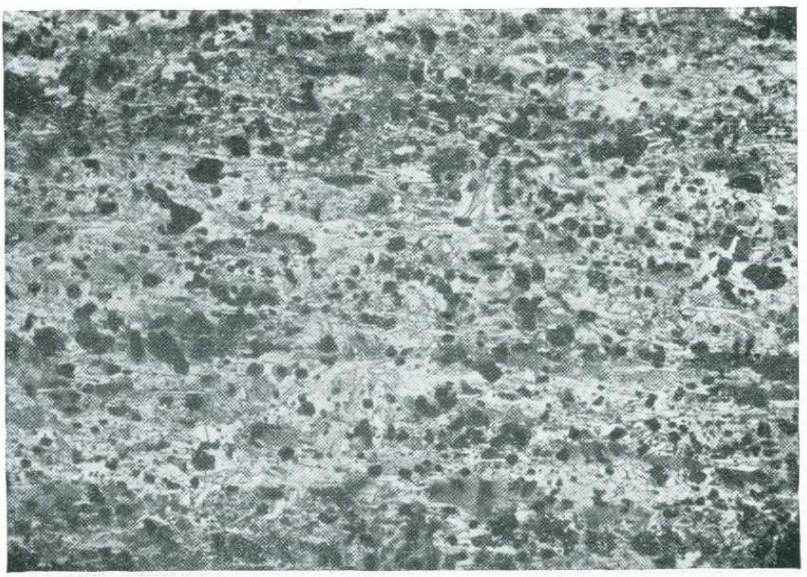
Фиг. 93. Светлые пластинки железного блеска среди кварцевого прослойка (темное). Отраж. свет, × 80.



Фиг. 94. Пирит (светлое) в ассоциации с кварцем (темное) из кварцевого прослойка, находящегося среди железистых кварцитов. Отраж. свет, × 80.



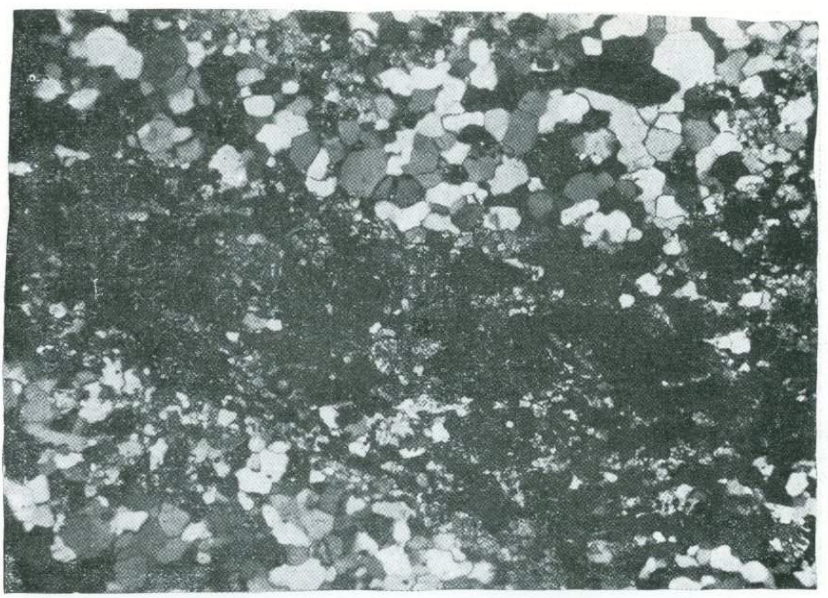
Фиг. 95. Тончайшая вкрапленность гематита (светлые точки) среди кварцевого прослойка (темносерое) из краснополосчатых железистых кварцитов. Отраж. свет, × 80.



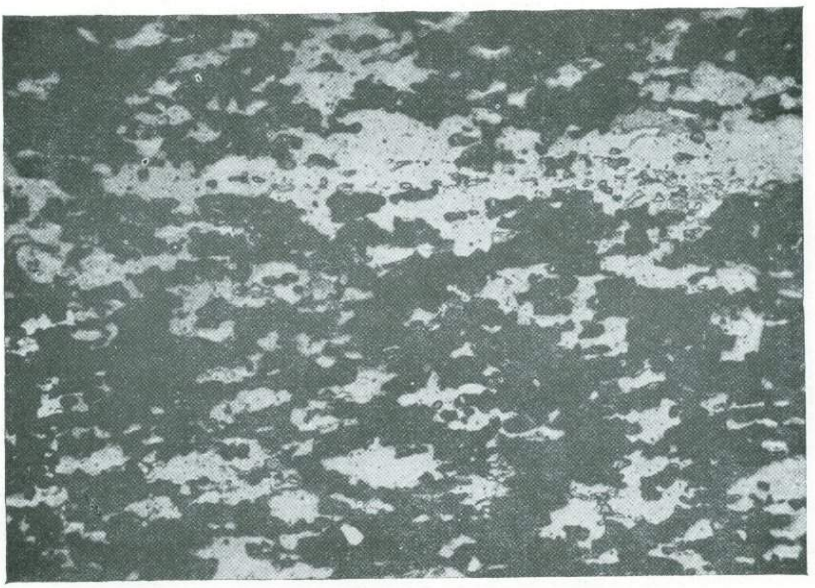
Фиг. 96. Кристаллический сланец нематогранобластовой структуры из толщи железистых кварцитов, обогащен магнетитом (темное), зерна которого располагаются среди кварца (белое), амфибола и кальцита (серое). Ник. ‖. ×46.



Фиг. 97. Железистый кварцит. Магнетит (темное) с кварцем (белое) и кальцитом (сероватые зерна в ассоциации с зернами кварца). Ник. +, × 46.



Фиг. 98. Железистый кварцит. Магнетитовые прослойки (черное) с тонкой вкрапленностью кальцита (серое) чередуются с кварцевыми прослоями, имеющими торцовую структуру. Ник. +, × 46.



Фиг. 99. Железистый кварцит. Магнетитовые (темное), кварцевые (белое) и кальцитовые (серое) зерна ориентированы параллельно полосчатости породы. Ник. ||, × 46.



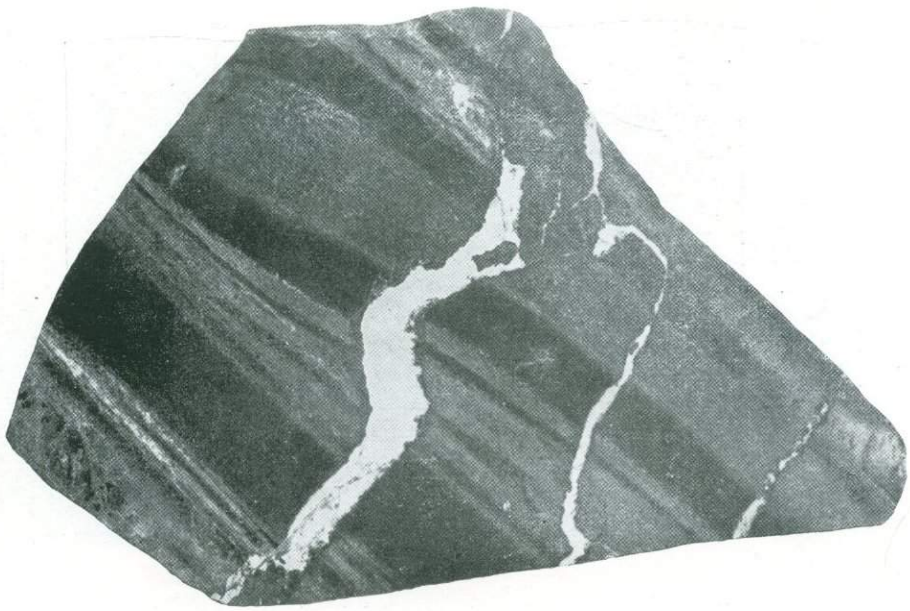
Фиг. 100. Железистый кварцит. Магнетит (темное) из рудного прослойка с зернами кварца (белое) и серицита (серое). Ник. ||, × 46.

ТЕКСТУРЫ ОКИСЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И КВАРЦИТОВОЙ БРЕКЧИИ КМА

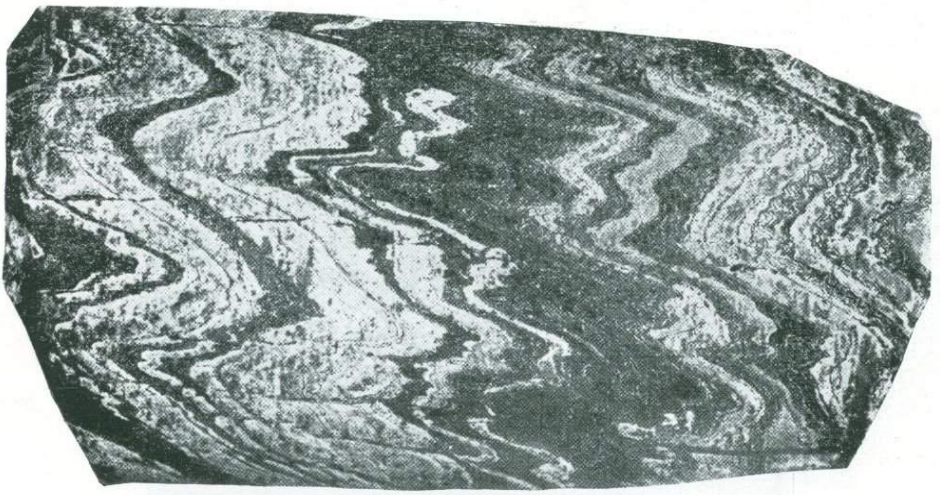
(фиг. 101—108)



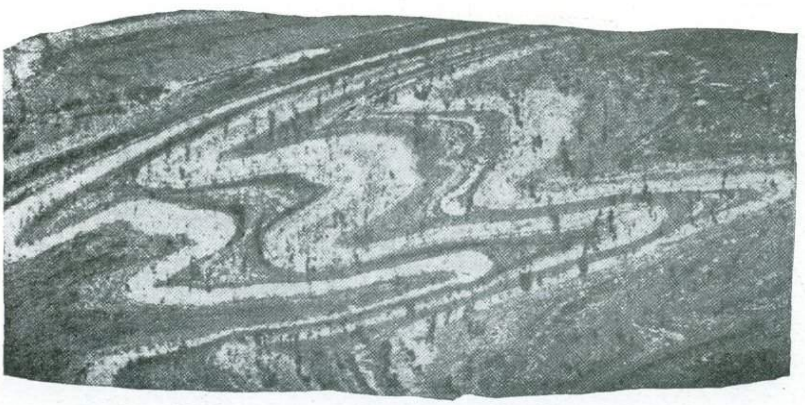
Фиг. 101. Железистый кварцит, полностью окисленный с секущими прожилками пирита и охристого гидрогетита. Нат. вел. Салтыковский участок, скв. № 691.



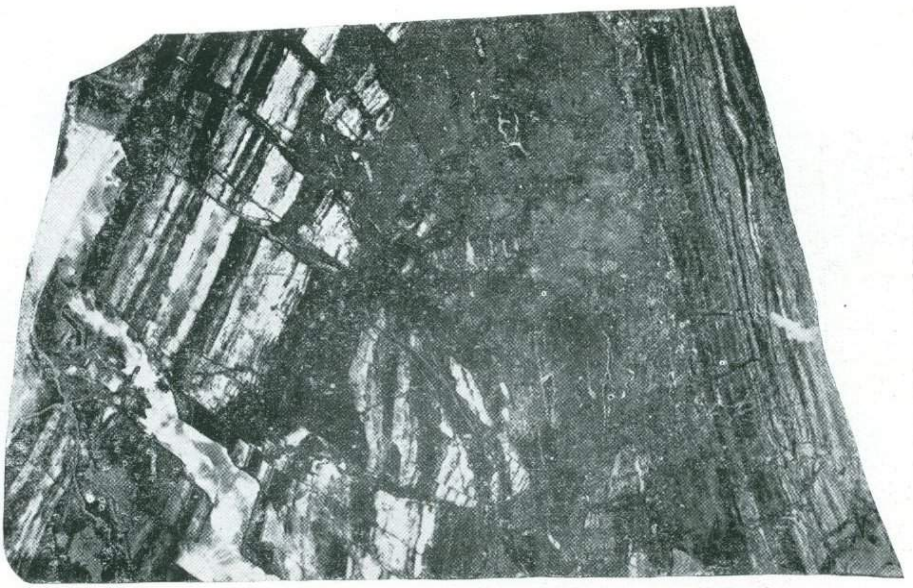
Фиг. 102. Железистый кварцит, полностью окисленный (магнетит замещен гидрогетитом — серые полосы), но кварцевые прослойки (темное) не выщелочены. По секущим трещинам, заполненным кальцитом (белое), наблюдается смещение гидрогетитовых и кварцевых прослойков. Нат. вел. Салтыковский участок.



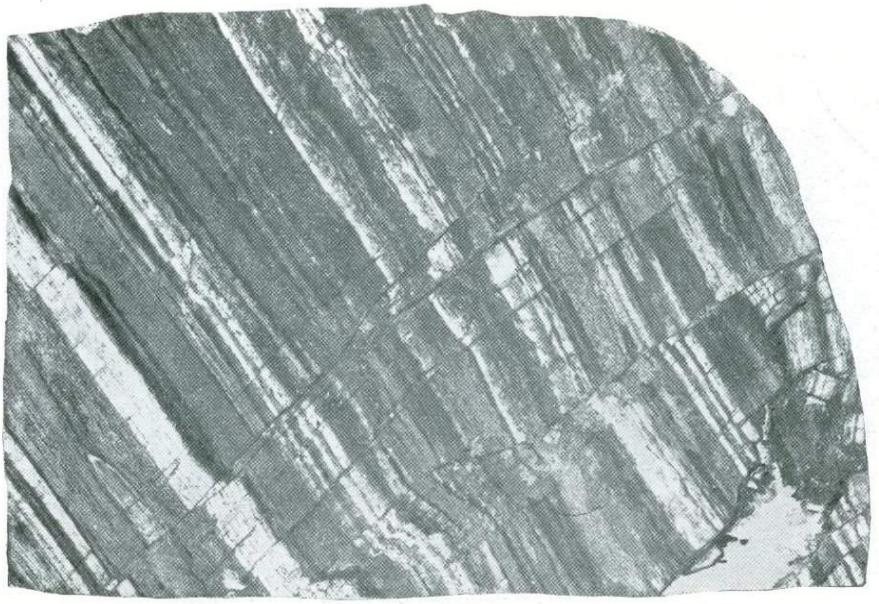
Фиг. 103. Железистый кварцит, плойчатый, окисленный. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0128.



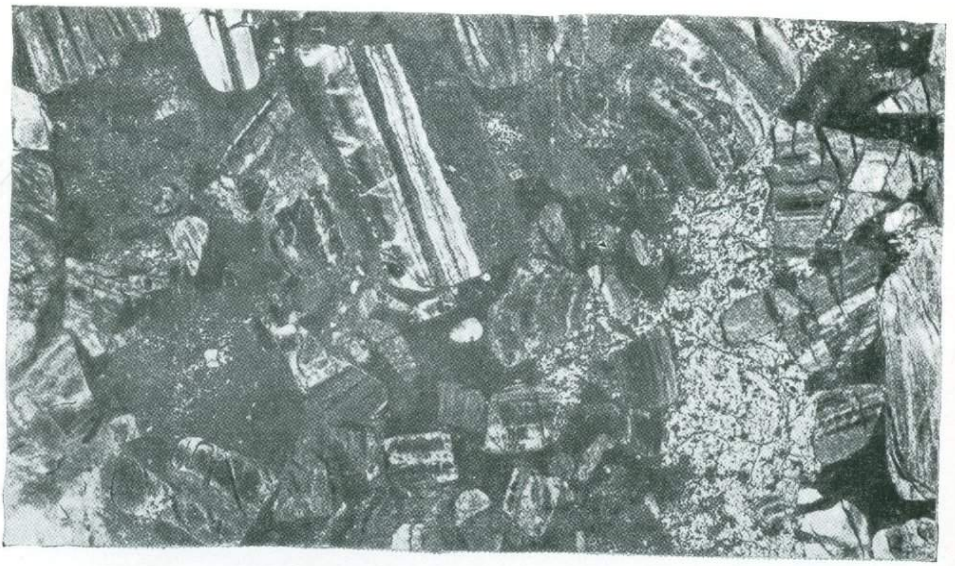
Фиг. 104. Железистый кварцит, плойчатый, окисленный. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0128.



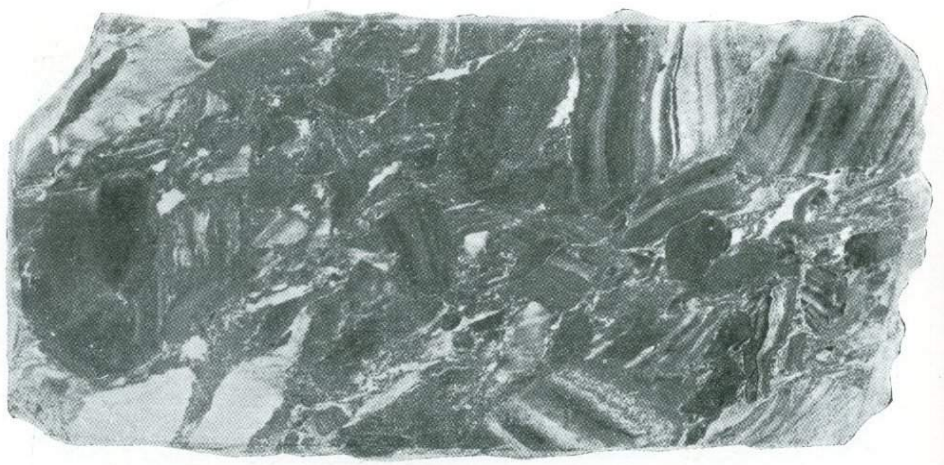
Фиг. 105. Железистый кварцит, окисленный, трещиноватый, залегает под осадочными девонскими породами (слоистые темносерые образования в правой части снимка). Нат. вел. Осколецкий участок, скв. № 47.



Фиг. 106. Железистый кварцит, слабо окисленный, разбитый трещинами отдельностей, по которым наблюдается смещение прослойков. Нат. вел. Осколецкий участок, скв. 47.



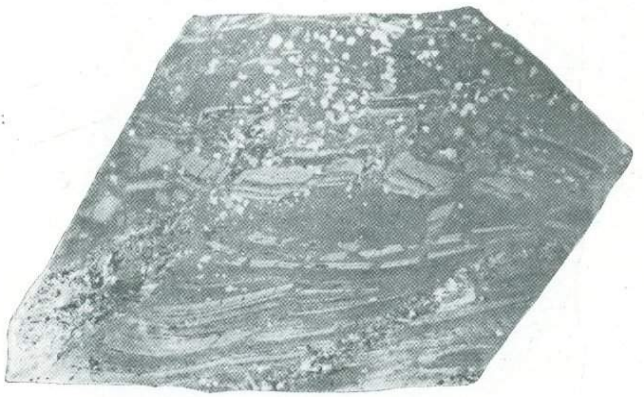
Фиг. 107. Брекчия, состоящая из остроугольных, неокатанных обломков железистых кварцитов, сцементированных хлоритово-карбонатным цементом (светлосерые скопления в правой части снимка и темные бесформенные участки по всему снимку). В этих кварцитах магнетит полностью окислен и превращен в гематит (мартит — темносерые обломки), а кварц (белые полосы в обломках) остался не выщелоченным. Этот слой залегает в осадочной толще пород над окисленными железистыми кварцитами. Нат. вел. Осколецкий участок, скв. № 47.



Фиг. 108. Брекчия окисленных железистых кварцитов, сцементированная слабо раскристаллизованной глинистой массой, залегает под сланцами верхнего отдела докембрия. Веретенинский участок, скв. № 761.

ТЕКСТУРЫ ОСТАТОЧНЫХ ГЕМАТИТОВЫХ РУД КМА

(фиг. 109—120)



Фиг. 109. Руда остаточная, брекчиевидная, гематитовая, с точечными включениями пирита (светлое) и секущими прожилками чешуйчатого железного блеска (темные точечные выделения). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 231.



Фиг. 110. Руда (остаточная) брекчиевидная, гематитовая, с кварцевыми участками (белое в левой и в правой частях снимка). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 231.



Фиг. 111. Руда остаточная, гематитовая, со смещенными гематитовыми прослойками. Нат. вел. Тимской участок, скв. № 654.



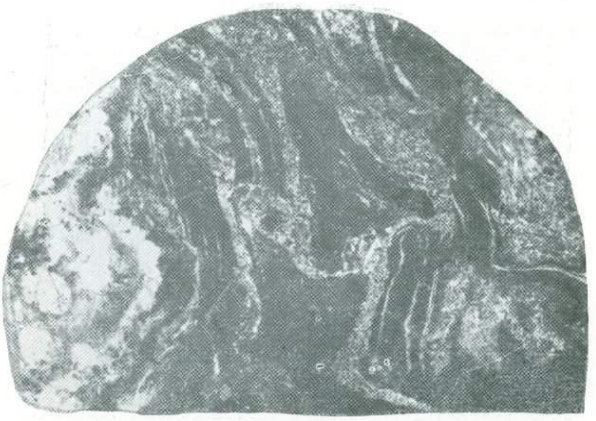
Фиг. 112. Руда брекчиевидная, гематитовая, вишнево-красного цвета. Нат. вел. Тимской участок, скв. № 707, обр. 23.



Фиг. 113. Руда (остаточная) состоит из железного блеска, чешуйки которого ориентированы согласно слоистости железистых кварцитов, за счет которых эта руда образовалась. Нат. вел. Яковлевский участок, скв. № 5.



Фиг. 114. Руда (остаточная) гематитовая с флексурообразным смещением, частично брекчированная. Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 903.



Фиг. 115. Руда (остаточная) плойчатая, гематитовая, сидеритизированная с гидрогетитовыми прослойками (серое). Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 4.



Фиг. 116. Руда остаточная (бедная) гидрогетито-гидрогематитовая с редкими точечными выделениями пирита и сидерита (светлое), с хлоритовыми прослойками (светло-серое), которые не полностью замещены гидрогетитом. Руда сохраняет слоистую и плойчатую текстуру, присущую железистым кварцитам, за счет которых эта руда образовалась. Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 903.



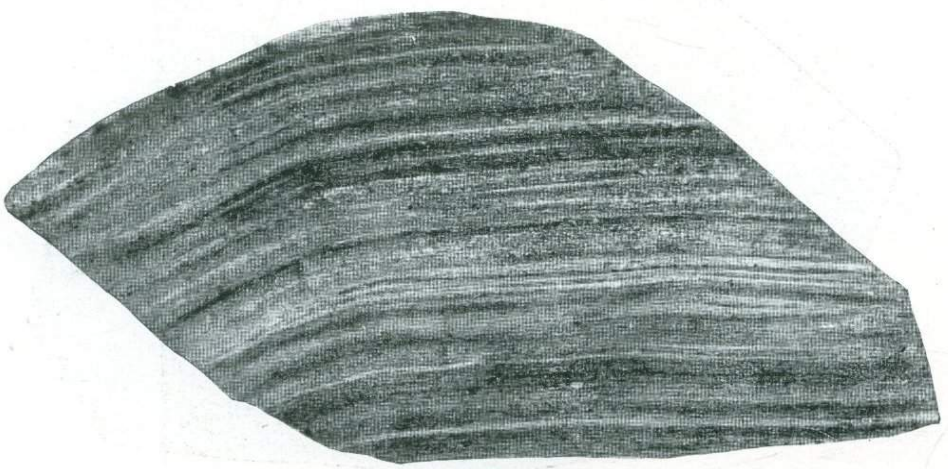
Фиг. 117. Руда остаточная, гематитовая, сидеритизирована с тонкой вкрапленностью пирита (светлые мелкие точки). Сидеритовые прослойки полностью замещены гидрогетитом (белое и светлосерое). Нат. вел. Салтыковский участок, скв. № 680.



Фиг. 118. Руда остаточная гидрогематито-гидрогетитовая с остаточной слоистой и плойчатой текстурой, присущей железистым кварцитам. Темное — гидрогематит и гидрогетит, светлое — хлорит. Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 903.



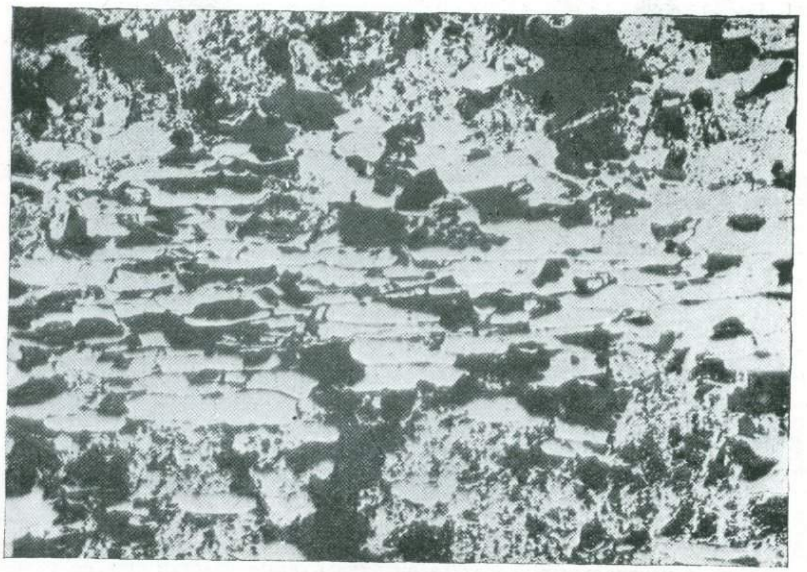
Фиг. 119. Руда массивная гематитовая, карбонатизированная, мелкозернистая. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0117.



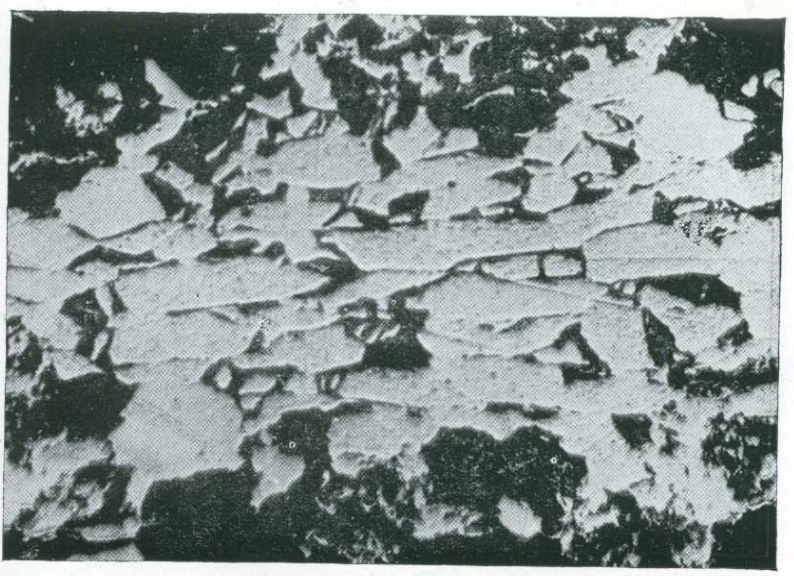
Фиг. 120. Руда остаточная, гематитовая, сидеритизированная. Полностью сохранена остаточная тонкослоистая текстура железистых кварцитов. Наблюдается изогнутость прослойков. 0,7 нат. вел. Лебединский участок, скв. № 917.

МИКРО-ФОТОГРАФИИ, ИЛЛЮСТРИРУЮЩИЕ СТРУКТУРУ ОСТАТОЧНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ МИНЕРАЛОВ

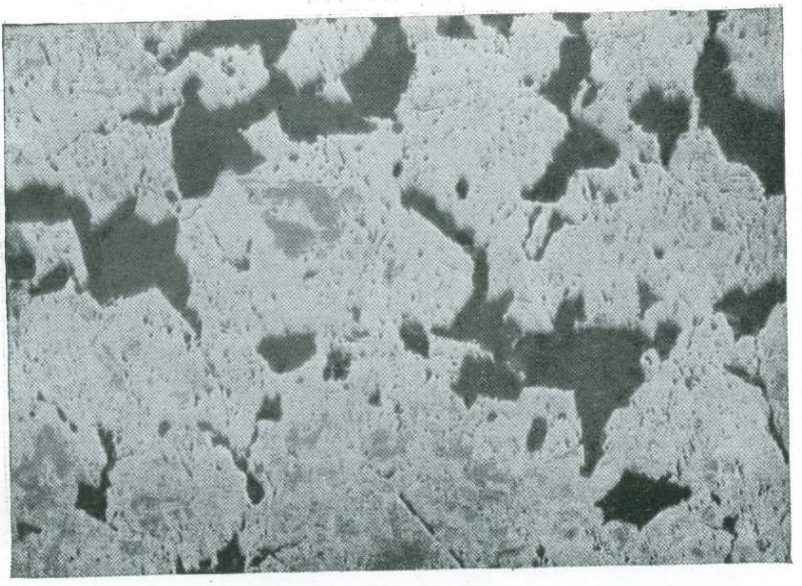
(фиг. 121—146)



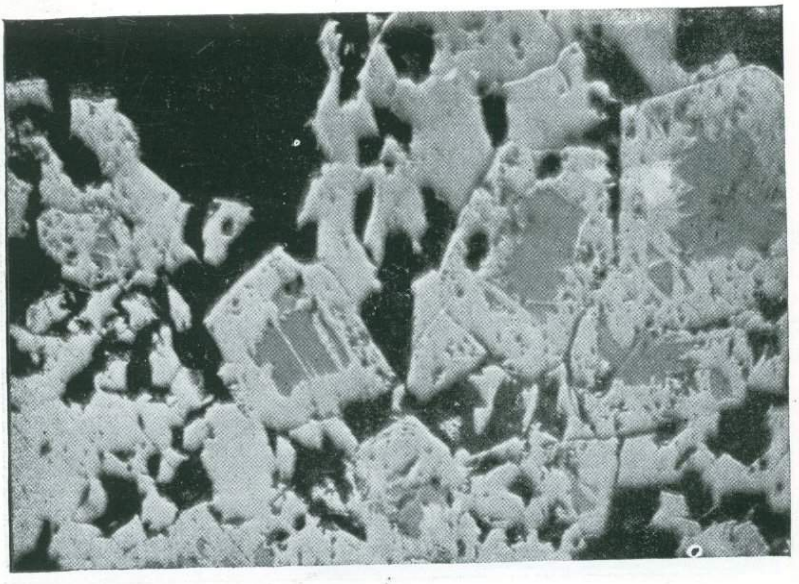
Фиг. 121. Руда. Удлиненные пластинки железного блеска среди нерудной массы (темносерое). Вверху и внизу снимка располагаются скопления землистого гематита неправильной формы. Отраж. свет, × 210. Яковлевский участок, скв. № 5.



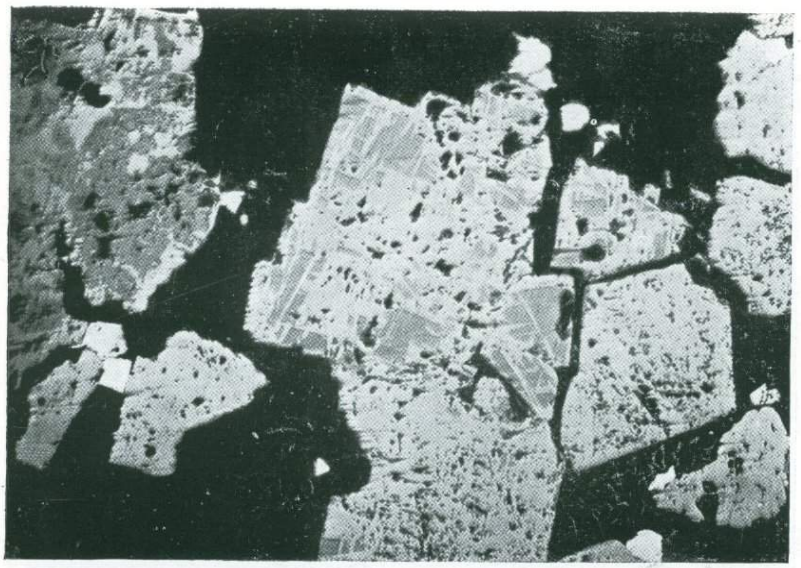
Фиг. 122. Руда. Удлиненные пластинки железного блеска ориентированы по слоистости. В нижней и верхней частях снимка располагаются бесформенные скопления гематита. Темные участки — нерудная масса. Отраж. свет, × 410. Яковлевский участок, скв. № 5.



Фиг. 123. Замещение зерен магнетита мартитом (светлосерое) с периферии. В центральных частях зерен видны серые участки еще не окисленного магнетита (темносерое). Темные участки—нерудные минералы (кварц, силикаты). Отраж. свет, × 210. Роговской участок, скв. № 644.



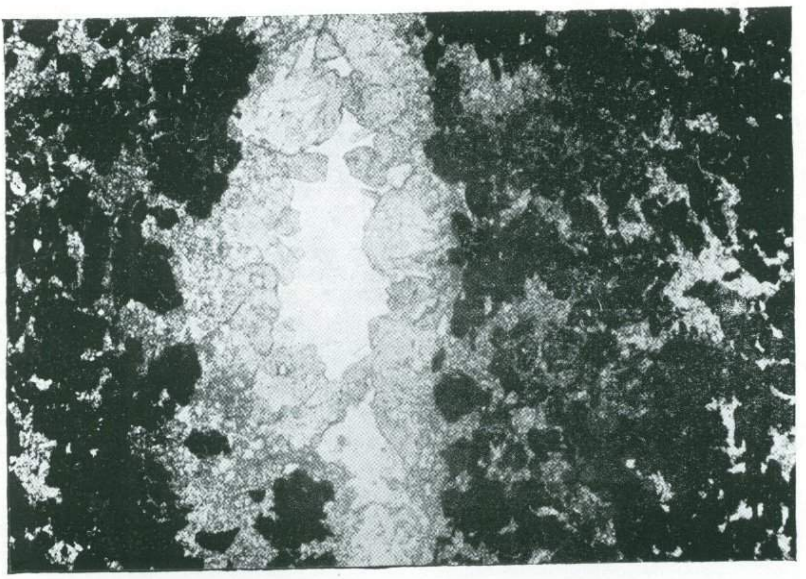
Фиг. 124. Окисление магнетитовых зерен с периферии. Внутри видны остатки магнетита (темносерое). Нерудные минералы (черные) представлены преимущественно кварцем и силикатами. Отраж. свет, × 410. Роговской участок, скв. № 657.



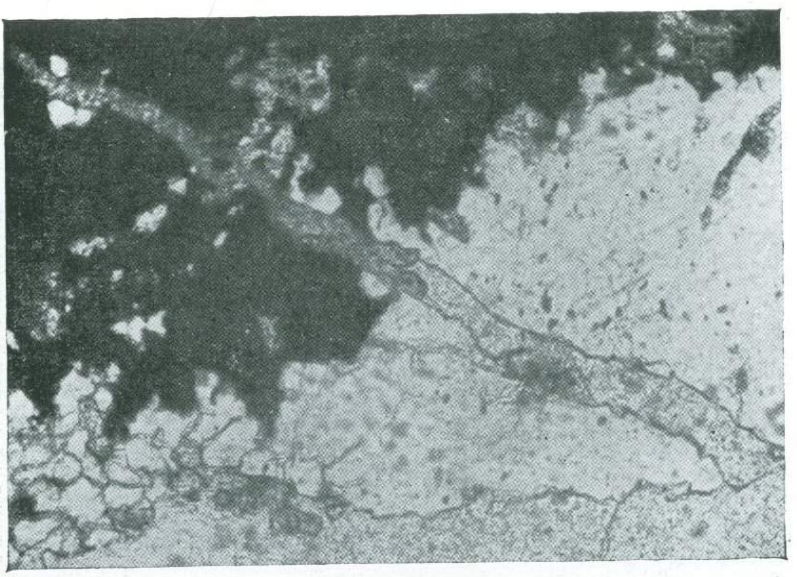
Фиг. 125. Решетчатая структура замещения магнетита мартитом. Белое — вкрапленность сульфидов (пирита). Нерудный минерал представлен кварцем (темное). Отраж. свет, × 210. Роговской участок, скв. № 683.



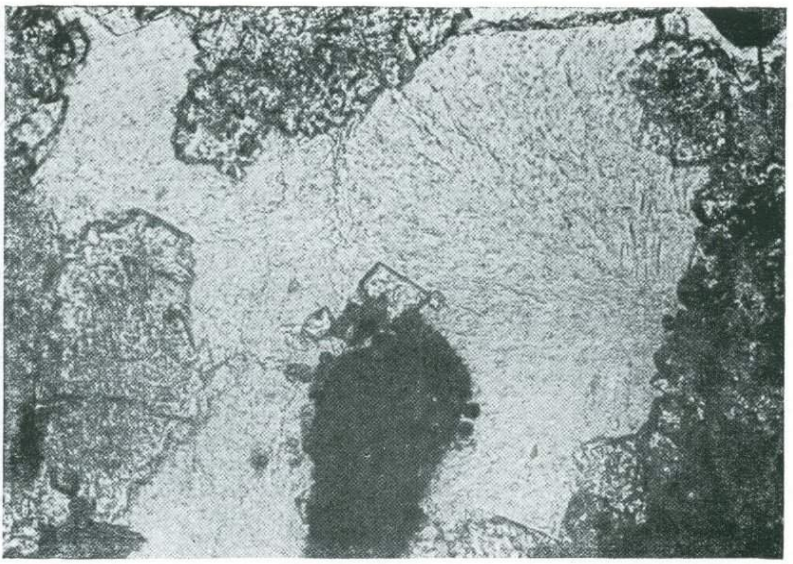
Фиг. 126. Решетчатая структура замещения магнетита (серое) мартитом (белое). Отраж. свет, × 410. Роговской участок, скв. № 644.



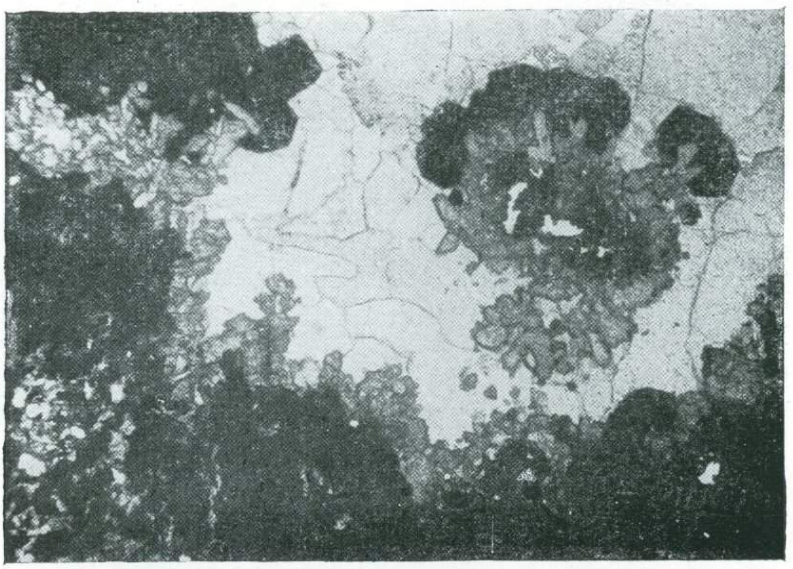
Фиг. 127. Сидерит (светлосерое) выделяется преимущественно около рудного минерала — мартита (черное). В центре прожилка — кальцит (белое). Ник. ||, × 46. Веретенинский участок, скв. № 205.



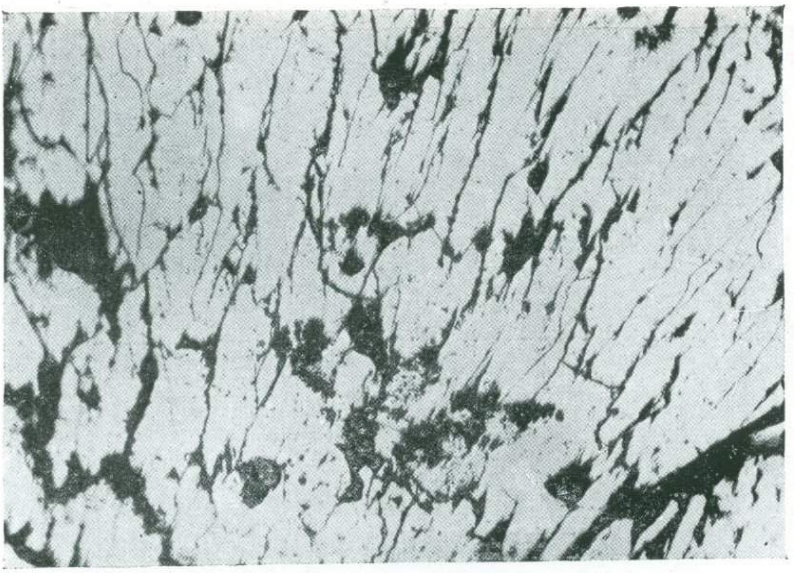
Фиг. 128. Прожилок карбоната (светлосерое с высоким рельефом) сечет кварц (светлосерое) и мартит (черное). Среди массы кварца карбонат представлен кальцитом, при прохождении через мартитовый участок кальцит переходит в сидерит (темносерое). Ник. ||, × 90. Осколецкий участок, скв. № 47.



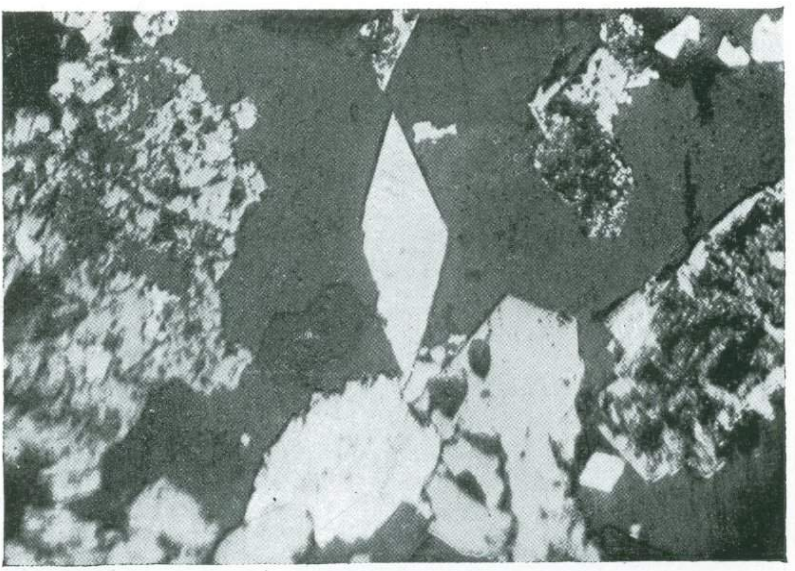
Фиг. 129. Сидерит (темносерые участки с высоким рельефом), кристаллизующийся на контакте рудного минерала (мартита) и кальцита (светлосерое), образует идиоморфные (ромбоэдрические) кристаллы. Ник. ||, × 150. Веретенинский участок.



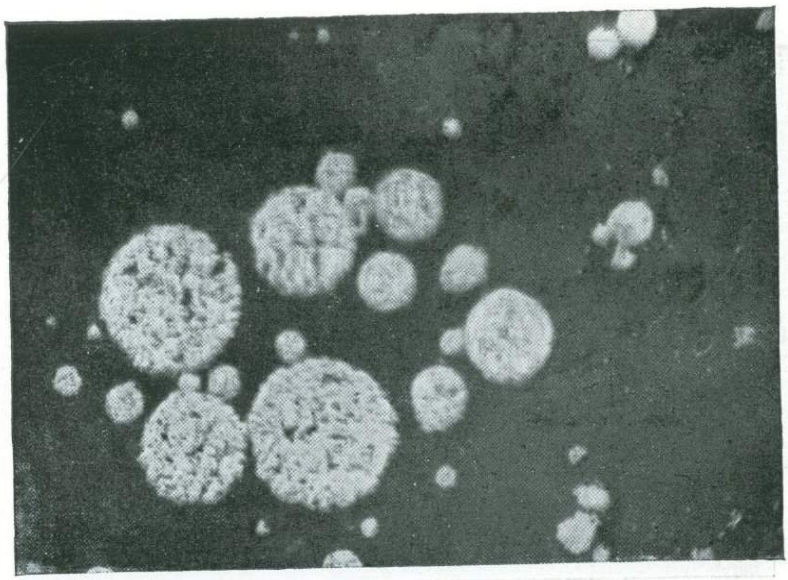
Фиг. 130. Вокруг мартитовых зерен (черное) развивается сидеритовая оторочка (темносерое с высоким рельефом). В верхней части снимка видны идиоморфные кристаллы пирита (черное). Светлосерое поле — кальцит. Пр. свет. Ник ||, × 46. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 131. Удлиненные шестоватые кристаллы марказита (белое). Темные участки — кальцит. Отраж. свет, × 210. Роговской участок, скв. № 657.



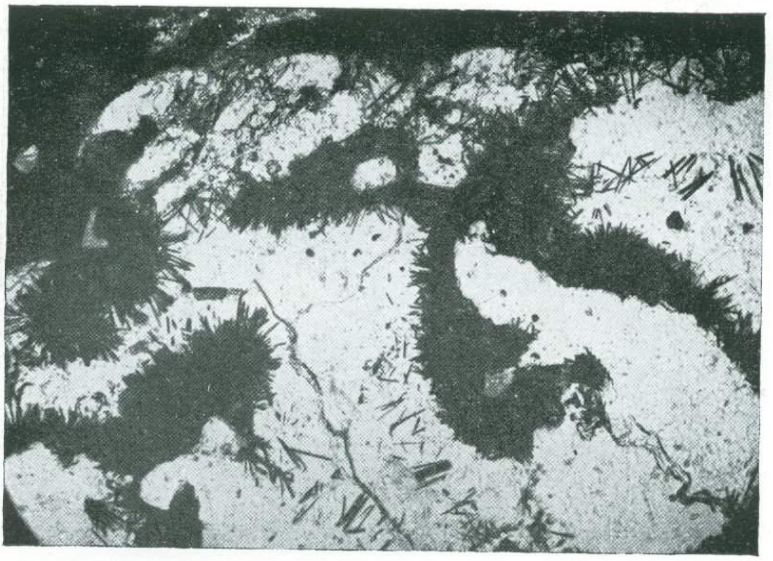
Фиг. 132. Идиоморфные (ромбические) кристаллы марказита (белое — в центре). Светлосерое — мартит. Цементирующая масса (темносерое), карбонат (кальцит и сидерит). Отраж. свет, × 410. Роговской участок, скв. № 644.



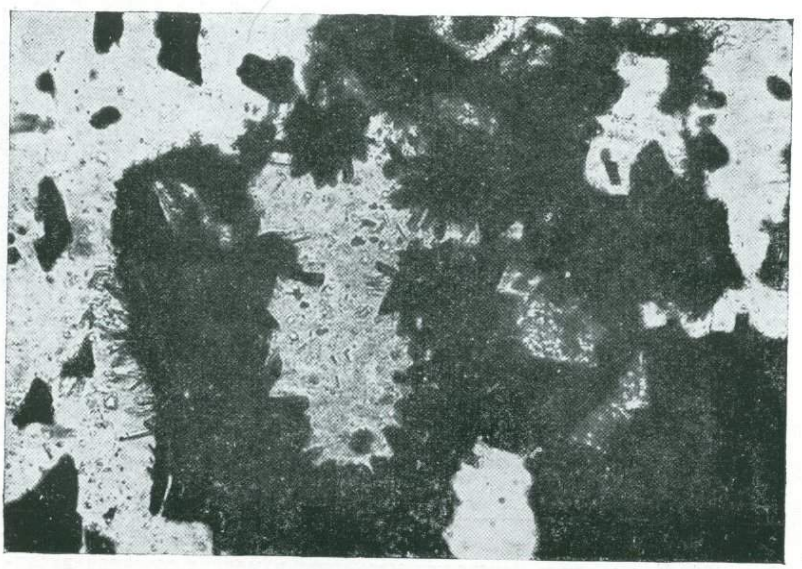
Фиг. 133. Пирит в виде шарообразных выделений в кальцитовом цементе. Отраж. свет, × 410. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 134. Копьевидные кристаллы марказита и мелкая точечная вкрапленность мартита (преимущественно в левой части снимка) в кальцито-сидеритовом цементе (светло- и темносерое). Отраж. свет, × 50. Тимской участок, скв. № 654.



Фиг. 135. Окисленный железистый кварцит. Гидрогетит в виде тонких иголочек (темное) располагается по трещинам между зернами кварца (белое) и в самих зернах кварца. Пр. свет, ник. ||, × 80. Веретенинский участок, скв. № 92.



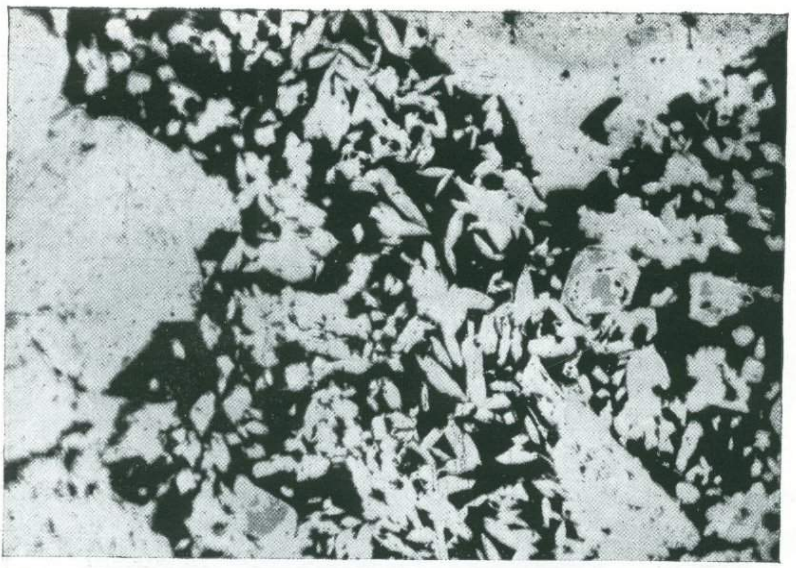
Фиг. 136. Игольчатые кристаллы гидрогетита выделяются по периферии гидрогематитовых участков (темное). Нерудный минерал представлен кварцем (белое и светлосерое). Пр. свет. ник. ||, × 365. Веретенинский участок, скв. № 205.



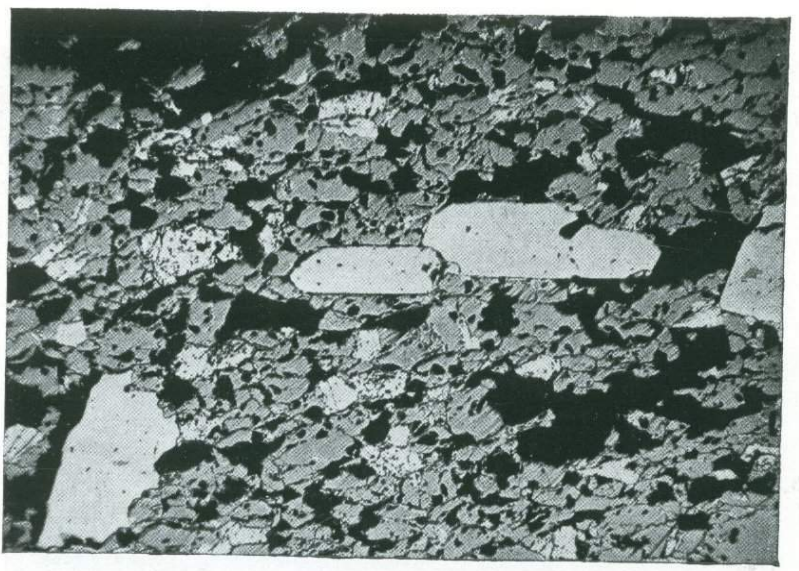
Фиг. 137. Мартит (белое) замещается гидрогетитом (серое). Гидрогетит в виде тонких прожилков сечет кварц (черное). Отраж. свет, × 210. Веретенинский участок, скв. № 205.



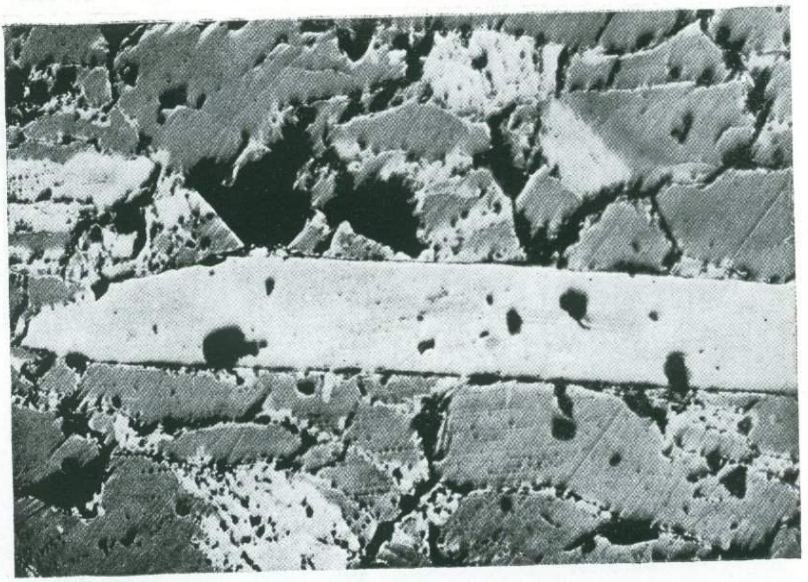
Фиг. 138. Мартит (белое) замещается гидрогетитом (серое) с образованием петельчатой структуры замещения. Нерудный минерал представлен кварцем (темные участки). Отраж. свет, × 210. Веретенинский участок, скв. № 205.



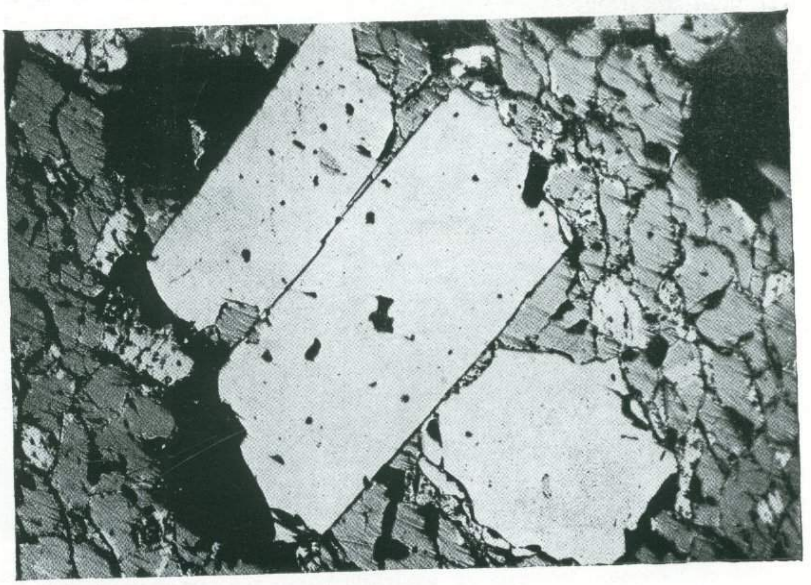
Фиг. 139. Удлиненные пластинки железного блеска в ассоциации с мартитом (светлосерое) располагаются в кварцевой массе (темное). В отдельных зернах мартита видны темносерые участки магнетита Отраж. свет, × 210. Веретенинский участок, скв. № 205.



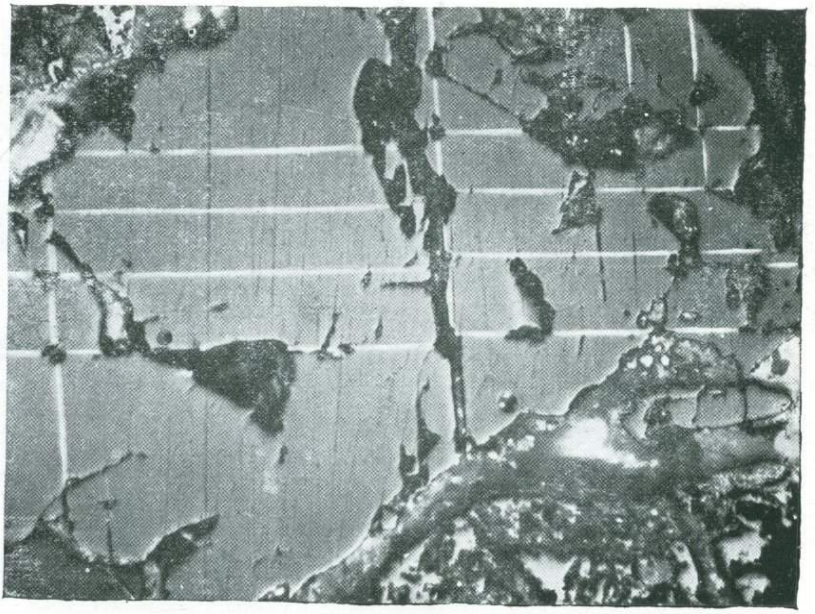
Фиг. 140. Удлиненные и неправильной формы пластинки железного блеска (белое) среди магнетита (серое), мартита (белое) и кварца (черное). Среди пластинок железного блеска наблюдаются мелкие точечные выделения магнетита (серое). Отраж. свет, × 50. Коробковский участок, шахта им. И. М. Губкина.



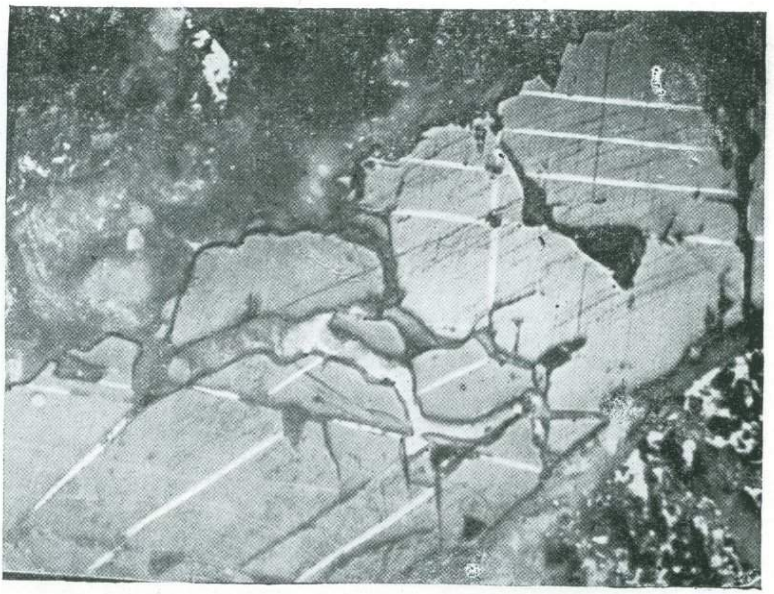
Фиг. 141. Удлиненная пластинка железного блеска (светлосерое) среди магнетита (темносерое) и гематита (более светлое). В центре пластинки железного блеска видны небольшие участки магнетита (темносерое). Отдельные зерна магнетита замещаются с периферии гематитом (светлосерое). Отраж. свет, × 106. Коробковский участок, шахта им. И. М. Губкина.



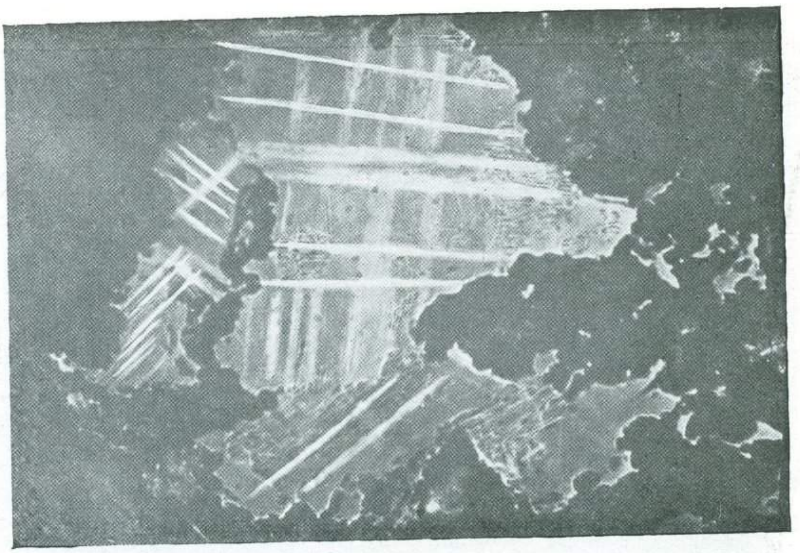
Фиг. 142. В центре снимка три пластинки железного блеска, внутри которых видны точечные образования магнетита (темносерое). Вокруг этих пластинок магнетитовые зерна (темносерое), кварц (черное) и неправильной формы выделения гематита (белое). Отраж. свет, × 106. Коробковский участок.



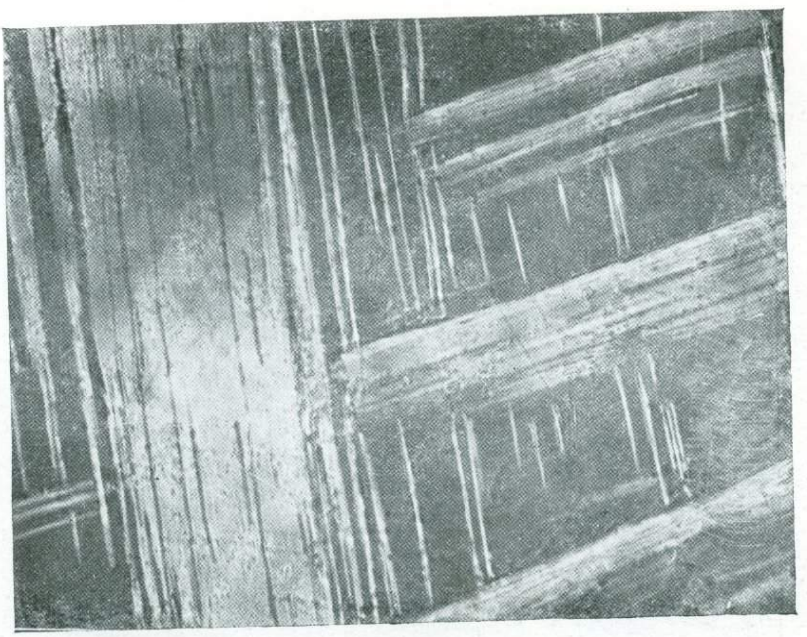
Фиг. 142а. Пластинка железного блеска со швами полисинтетических двойников (белые линии). Отраж. свет, ник. +, × 150. Коробковский участок.



Фиг. 142б. Пластинки железного блеска со швами полисинтетических двойников (белые линии). Отраж. свет, ник. +, × 106. Коробковский участок.



Фиг. 142в. Пластинка железного блеска со сложными двойниками, ориентированными в различных направлениях. Отраж. свет, ник. +, × 325. Шлиф 838. Руда гидротермального происхождения. Веретенинский участок, скв. № 710.



Фиг. 142г. Железный блеск с пластинчатыми двойниками, ориентированными по двум направлениям. Отраж. свет, ник. +, × 325. Шлиф 822. Руда гидротермального происхождения. Веретенинский участок, скв. № 710.



Фиг. 143. В центре снимка кварцевый прожилок (темносерое), внутри которого располагаются удлиненные пластинки железного блеска. Прожилок сечет железистый кварцит. Отраж. свет, × 50. Коробковский участок, шахта им. И. М. Губкина.



Фиг. 144. Прожилок магнетита, нацело замещенный мартитом (белое), сечет кварцевый прослоек (темное) в железистых кварцитах, среди которого видна мелкая вкрапленность мартита. Отраж. свет, × 40. Тимской участок, скв. № 705.



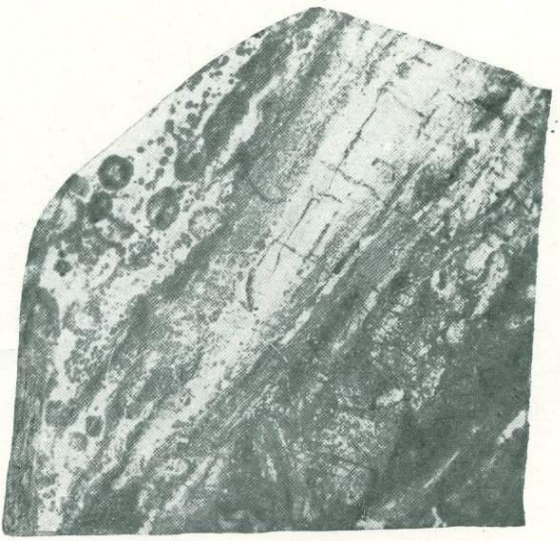
Фиг. 145. Зональное строение кристалла магнетита (белое), в котором заключены кварцевые участки (темносерое). Отраж. свет, × 106. Тимской участок, скв. № 654.



Фиг. 146. Кристаллы сидерита (темносерое) окаймляются оторочкой гидрогетита (светлосерое). Кристаллы сидерита цементируются пиритом (белое) и кальцитом (темное). Отраж. свет, × 50. Роговской участок, скв. № 657.

ТЕКСТУРЫ ОСТАТОЧНЫХ ГЕМАТИТОВЫХ СИДЕРИТИЗИРОВАННЫХ РУД КМА

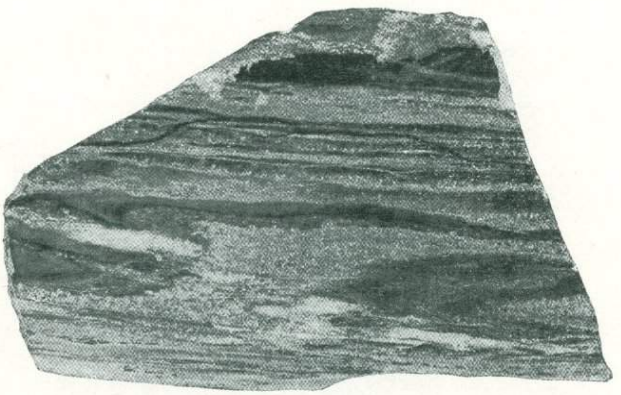
(фиг. 147—156)



Фиг. 147. Руда (остаточная) гематитовая, сидеритизированная с гранатовыми прослойками (темные округлые выделения) на контакте руды с кристаллическими сланцами. Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 4.



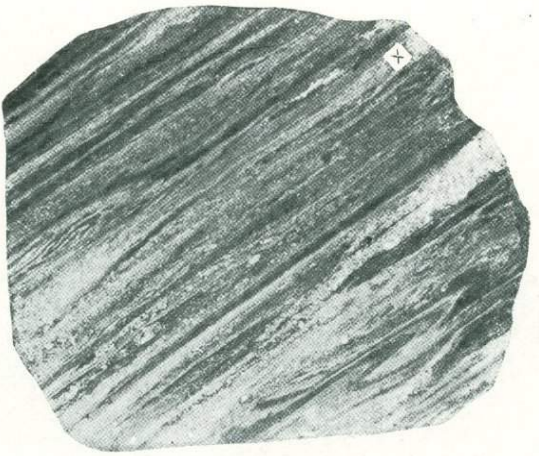
Фиг. 148. Руда (остаточная) брекчиевидная, сидерито-гематитовая, залегает в трещиноватой раздробленной зоне железистых кварцитов. Сидерит (светлосерое) замещает обломки гематита (темносерое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 149. Руда остаточная, гематитовая с сидеритом (белые и темносерые полосы). Среди светлосерых полос аморфного гематита наблюдаются мелкие светлые точечные выделения мартита. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 150. Руда (остаточная) гидрогетито-гематитовая, сильно сидеритизирована. Сидерит образует сетчатые прожилки по трещинам и мелкозернистые включения по всей массе руды. Охристый гидрогетит слагает самостоятельные прослойки и нередко замещает сидерит. Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 4.



Фиг. 151. Руда остаточная, гематитовая с сидеритовыми прослойками (светлое X), образовавшимися на месте выщелоченных кварцевых прослойков. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 152. Руда гематитовая, остаточная, сидеритизированная. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



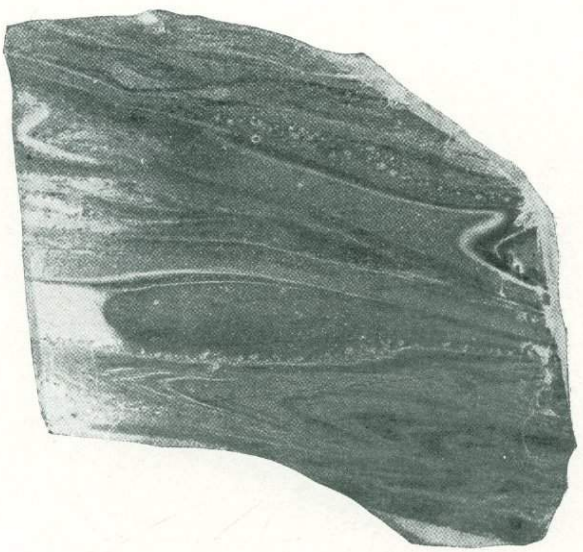
Фиг. 153. Руда остаточная, гематитовая, плойчатая с тонкой вкрапленностью марказита (светлые точки). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 154. Руда остаточная, гематитовая с прослойками и вкрапленностью марказита (светлосерое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 155. Руда гематитовая, остаточная с мелкими зернами мартита (светлосерые). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 156. Руда остаточная, гематитовая, плойчатая с сидеритом (светлое) и с точечными выделениями мартита (светлосерое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.

ТЕКСТУРЫ ОСТАТОЧНЫХ ГЕМАТИТОВЫХ РУД С СУЛЬФИДАМИ КМА

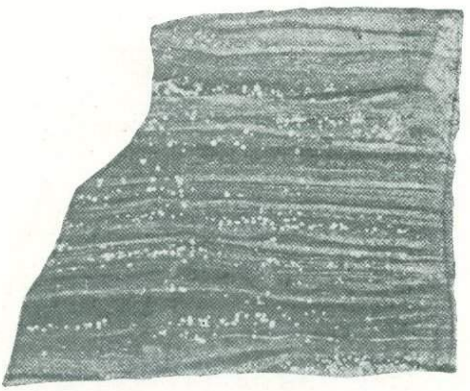
(фиг. 157—166)



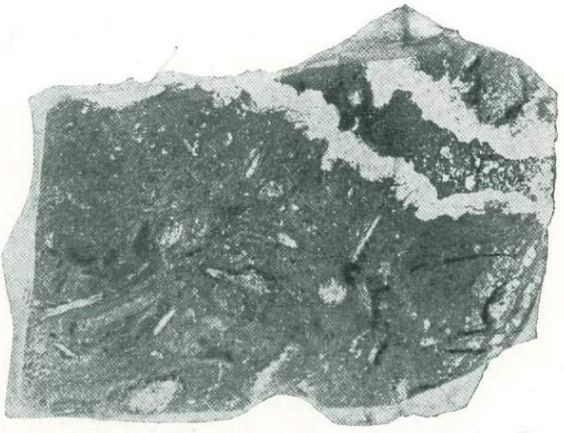
Фиг. 157. Руда гематитовая, остаточная с прослойками и вкрапленностью марказита (светлосерое) и с сидеритом (темные секущие прожилки). Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.



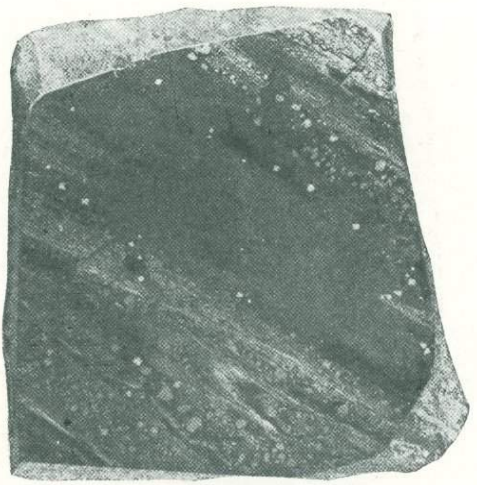
Фиг. 158. Руда остаточная, гематитовая, сидеритизированная с густой вкрапленностью марказита (светлосерое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



Фиг. 159. Руда гематитовая, остаточная с мелкой вкрапленностью марказита (светлые точки). Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.



Фиг. 160. Руда остаточная, гематитовая, брекчиевидная с прожилками марказита (светлое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



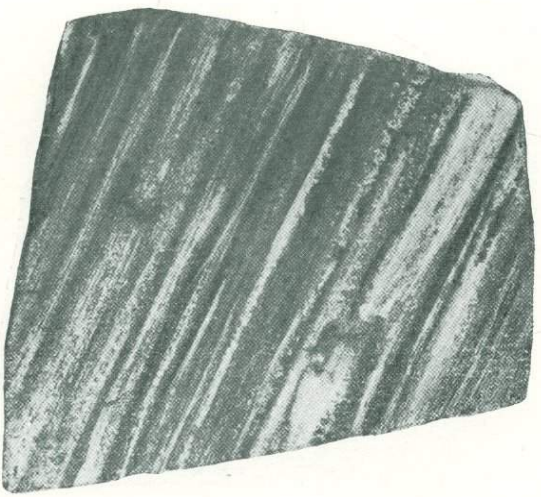
Фиг. 161. Руда гематитовая, остаточная, сидеритизированная с вкрапленниками марказита (светлые точки). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



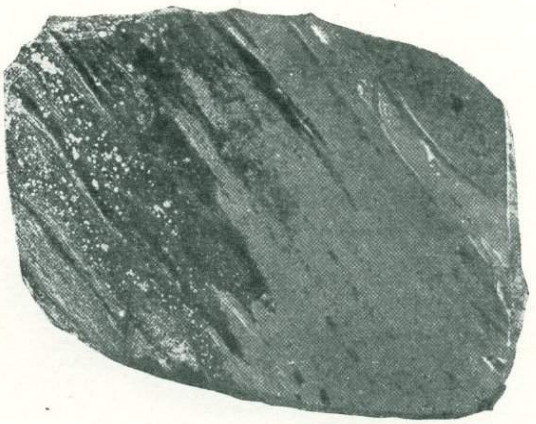
Фиг. 162. Руда остаточная, гематитовая с марказитовым прослойком (светлое, в левом нижнем углу снимка) и вкрапленностью марказита (светло-серое). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



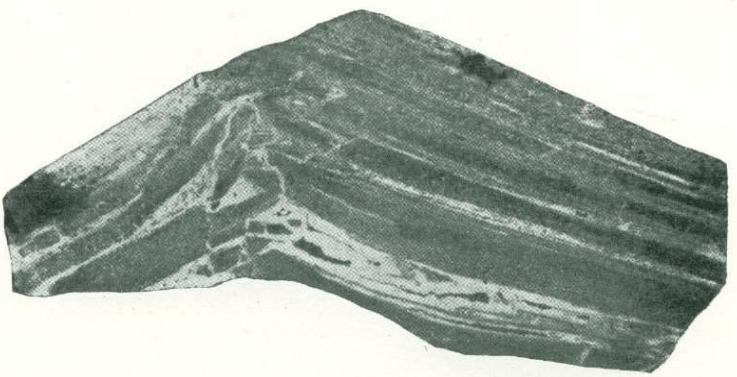
Фиг. 163. Руда (остаточная) брекчиевидная, гематитовая с неправильными выделениями халькопирита (белое). Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 4.



Фиг. 164. Руда (остаточная) гематитовая, слабо сидеритизированная с прослойками гидрогетита и тонким прослойком пирита (светлое в средней части снимка). Нат. вел. Реутецкий участок, скв. № 4.



Фиг. 165. Руда остаточная, гематитовая с марказитом (серое), который в правой части снимка полностью замещает гематит (темносерое), а в левой — образует эмульсионную вкрапленность (светлые точки). Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 205.



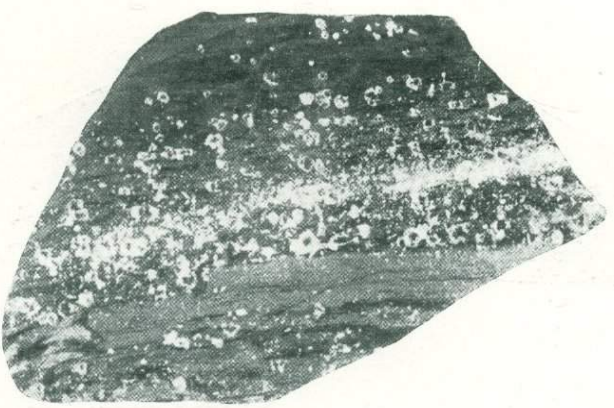
Фиг. 166. Руда остаточная, гематитовая с марказитом (светлосерое), который замещает выщелоченные прослойки кварца и заполняет трещины излома в руде. Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.

ТЕКСТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦЕВ КМА

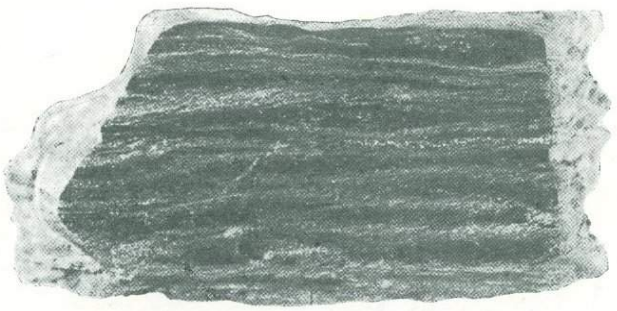
(фиг. 167—171)



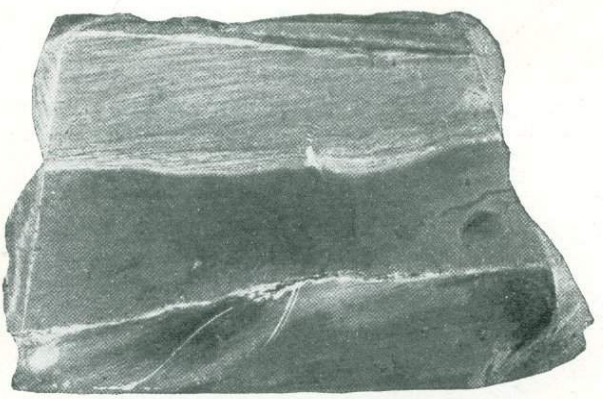
Фиг. 167. Кристаллический сланец с гранатом (темносерые пятна) и прослоями пирита (светлое). Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.



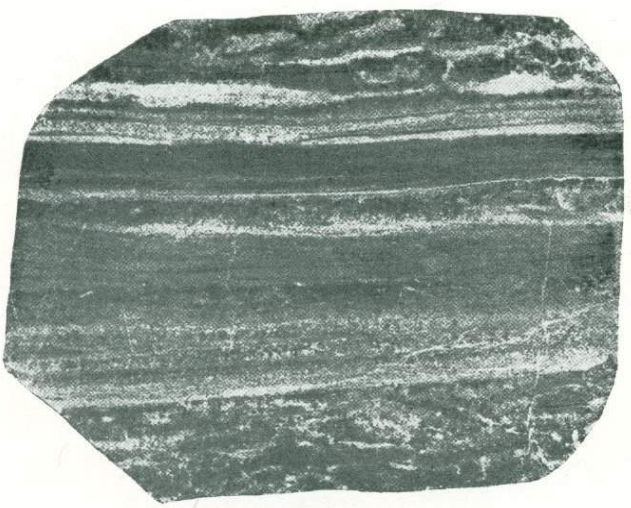
Фиг. 168. Кристаллический сланец с гранатом (светлое), рассеянным по всей породе. Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.



Фиг. 169. Кристаллический сланец замещен гематитом. Нат. вел. Тимской участок, скв. № 654.



Фиг. 170. Кристаллический сланец, полосчатый. В средней части снимка красный гематитовый прослоек (темносерое). Нат. вел. Тимской участок, скв. № 707.



Фиг. 171. Кристаллический сланец с прослойками пирита (светлое и светлосерое). Нат. вел. Рудник им. И. М. Губкина.

ТЕКСТУРЫ ОСАДОЧНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА

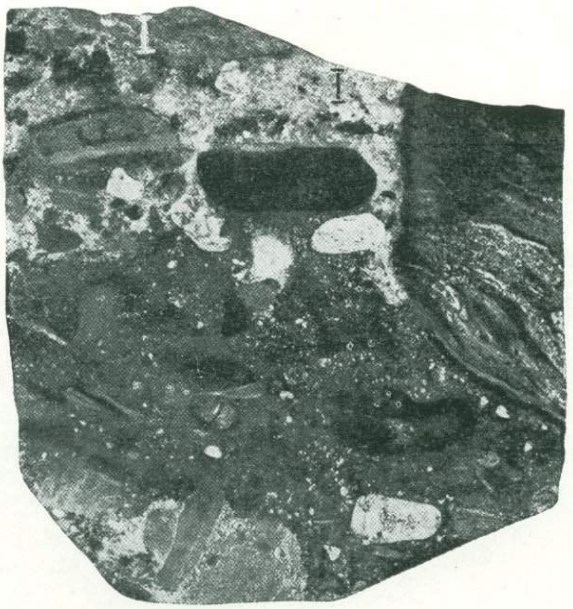
(фиг. 172—192)



Фиг. 172. Конгломерато-брекчиевидная руда состоит из гематитовых обломков и галек и песчано-железистого цемента. Ув. в 2 раза. Роговской участок, скв. № 669.



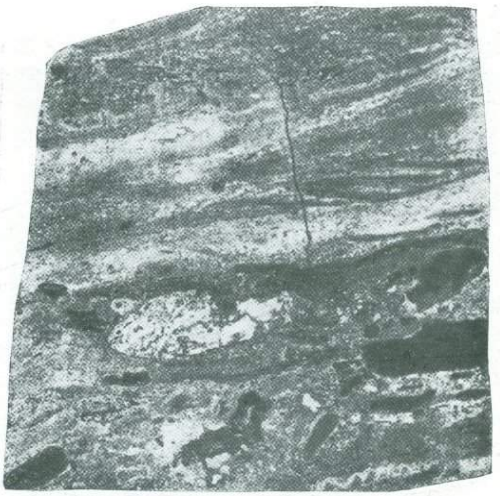
Фиг. 173. Руда конгломератовидная, гематитовая, состоит из гематитовых галек и песчано-железистого цемента. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0136.



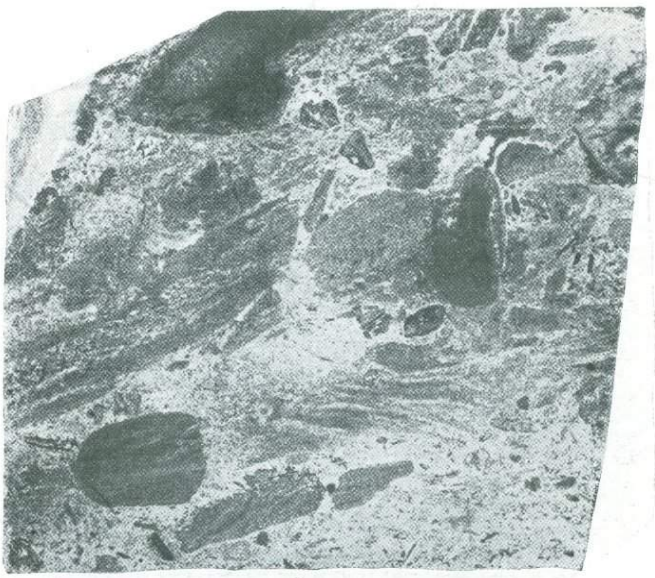
Фиг. 174. Руда осадочная, конгломератовидная, состоит из гематитовых галек, которые иногда замещены пиритом (белое). Цементом руды является пирит и песчанистый ожелезненный материал. На руду налегают кварцевые песчаники (1), среди которых имеются черные обуглившиеся растительные остатки. Нат. вел. Веретенинский участок, скв. № 206.



Фиг. 175. Руда осадочная, гидрогетито-гидрогематитовая, конгломерато-брекчиевидная с небольшими хлоритовыми участками (X). Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 924.



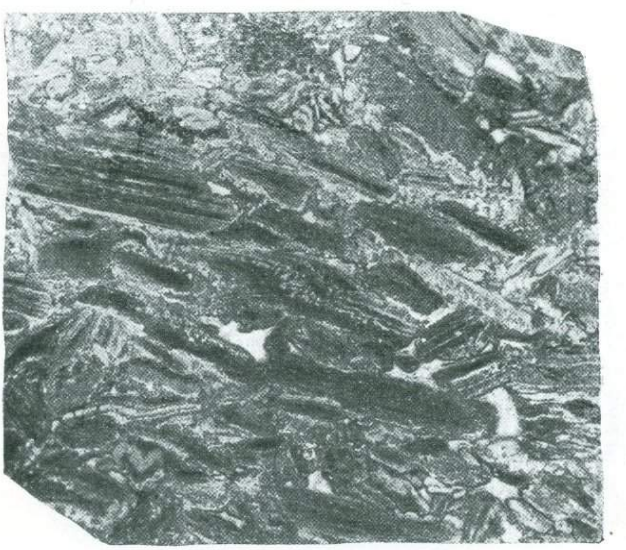
Фиг. 176. Руда осадочная конгломерато-брекчиевидная, гематитовая. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0136.



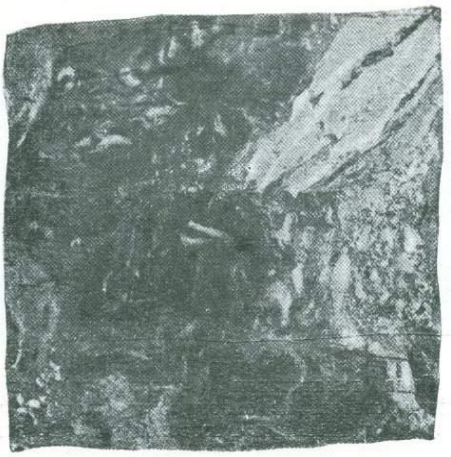
Фиг. 177. Руда осадочная гематитовая, конгломератовидная. Удлиненные рудные гальки располагаются согласно слоистости. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0136.



Фиг. 178. Руда осадочная, гематитовая, конгломератовидная, состоит из рудных галек и песчано-глинистого ожелезненного цемента, в котором сравнительно много пирита. Нат. вел. Коробковский участок.



Фиг. 179. Руда осадочная, гематитовая, конгломератовидная, сложена из рудных окатанных удлиненных галек. Нат. вел. Коробковский участок, скв. № 0123.



Фиг. 180. Руда брекчиевидная, состоит из гематитовых (железнослюдковых) обломков, сцементированных песчанжелезистым цементом. Нат. вел. Яковлевский участок, скв. № 5.



Фиг. 181. Руда гематитовая, брекчиевидная. Нат. вел. Яковлевский участок, скв. № 5.



Фиг. 182. Руда гематитовая (красноватая), конгломерато-брекчиевидная, состоит из обломков и галек остаточных руд и пустых пород. Нат. вел. Роговской участок, скв. № 683.



Фиг. 183. Руда гематитовая (темная), конгломератовая, состоит из рудных галек и ожелезненного песчанистого цемента. Участок Тим-Панки, скв. № 675.



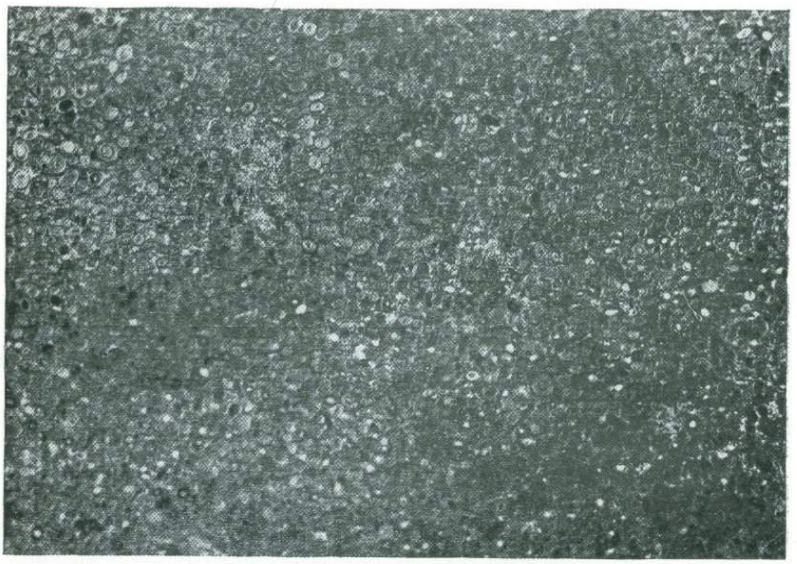
Фиг. 184. Руда гематитовая (красноватая), конгломерато-песчанистая с белыми каолиновыми пятнами. Нат. вел. Роговской участок, скв. № 689.



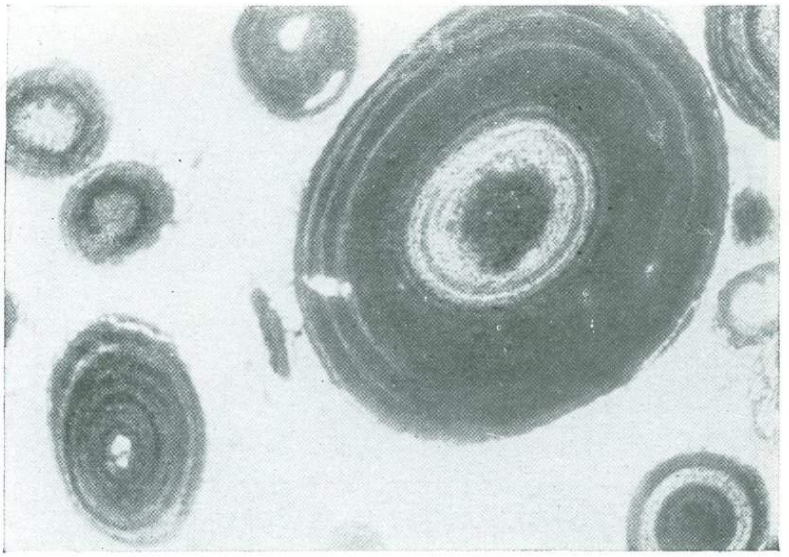
Фиг. 185. Руда гематитовая, песчанистая (красноватая) с белыми каолиновыми пятнами. Нат. вел. Роговской участок, скв. № 687.



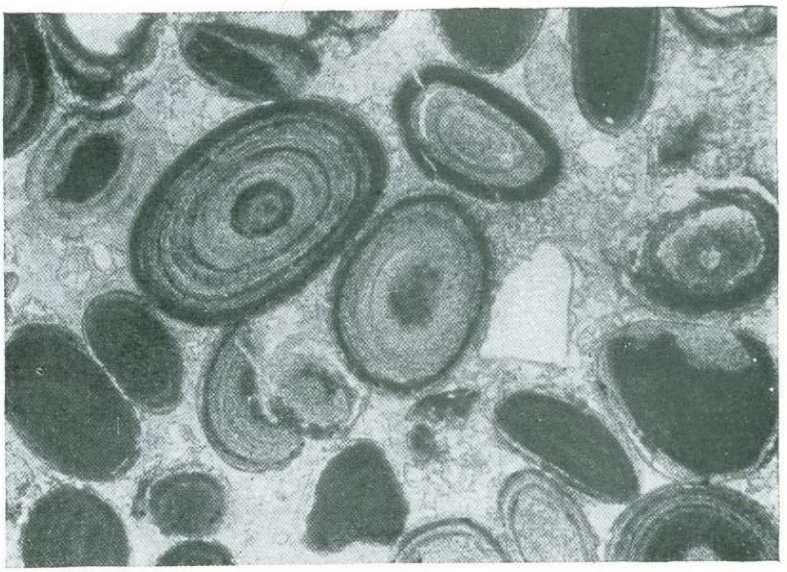
Фиг. 186. Руда конгломератовидная, гидрогетито-гидрогематитовая с редкими гидрогетитовыми бобами. Нат. вел. Лебединский участок, скв. № 924.



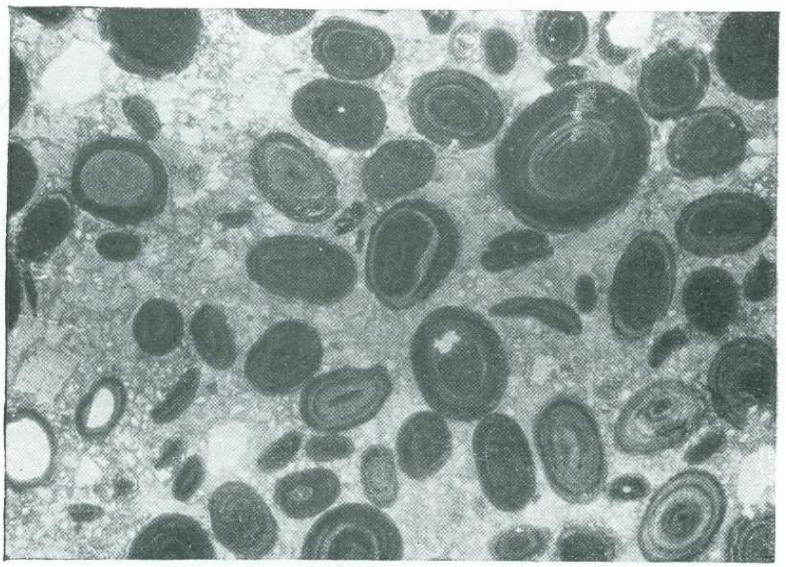
Фиг. 187. Руда мелко-оолитовая, состоит из гидрогетитовых оолитов и хлорито-сидеритового цемента. Ув. в 2,5 раза. Осколецкий участок, скв. № 49.



Фиг. 188. Мелко-оолитовая руда. Гидрогетитовые оолиты (темное) с сидеритовыми концентратами (светлосерое) в сидеритовом цементе. Пр. свет, ник. ||, × 80. Осколецкий участок, скв. № 49.



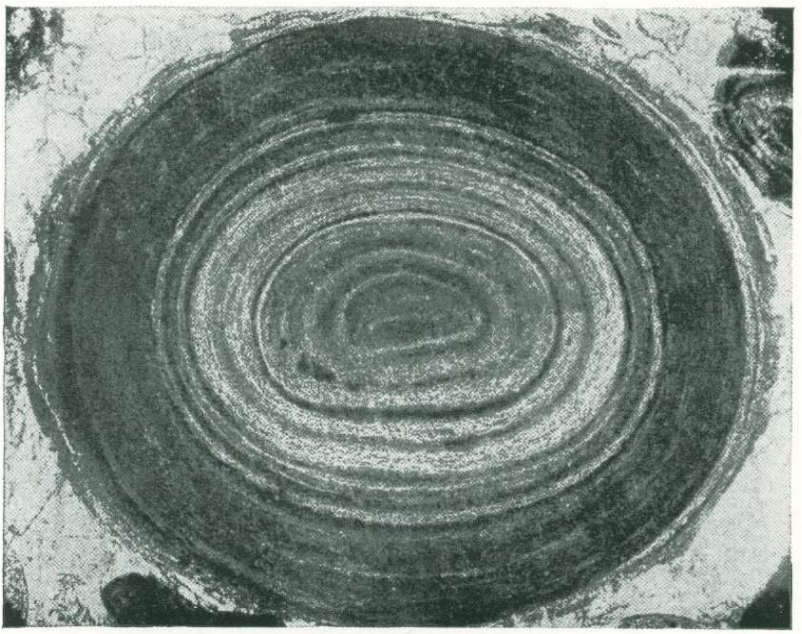
Фиг. 189. Мелко-оолитовая руда. Гидрогетитовые оолиты (темное) в сидеритовом цементе (светлосерое). Пр. свет, ник. +, × 46. Осколецкий участок, скв. № 49.



Фиг. 190. Мелко-оолитовая руда. Гидрогетитовые оолиты (темное) в сидерито-хлоритовом цементе. Пр. свет, ник. ||, × 20. Веретенинский участок, скв. № 203.



Фиг. 191. Гидрогетитовые оолиты (темное) в сидерито-хлоритовом цементе. В центре одного оолита располагается ожелезненный растительный остаток. Пр. свет, ник. ||, × 46. Веретенинский участок, скв. № 203.



Фиг. 192. Гидрогетитовый оолит. Отчетливо видно его концентрическое строение. Пр. свет, ник. ||, × 90. Веретенинский участок, скв. № 203

А. Я. МОГИЛЕВСКИЙ и М. Н. САХАРОВА

О ПОИСКАХ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД НА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЕ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

К началу Великой Отечественной войны в пределах КМА были выявлены две широкие аномальные полосы (северо-восточная и юго-западная), обусловленные железистыми кварцитами. В пределах этих полос были обнаружены богатые железные руды, представляющие собой кору выветривания докембрийских железистых кварцитов. В 1941 г. было установлено наличие богатых железных руд на следующих участках: Коробковском, Салтыковском, Лебединском, Стойленском, Волоконовском, Новооскольском, Огибнянском и Панковском с общими запасами по категориям $B + C_1 + C_2$ в 317,89 млн. т.

К этому же периоду относится закладка и проходка первого опытного по добыче богатых руд рудника им. И. М. Губкина, расположенного на Коробковском месторождении.

Вследствие неблагоприятных гидрогеологических и горнотехнических условий проходка шахты на руднике была прекращена. Выявленные сложные гидрогеологические условия на разведанных участках богатых руд в послевоенный период в значительной степени изменили общее направление геологоразведочных работ, проводимых трестом «Курск геология» Министерства геологии и охраны недр.

Согласно правительственным постановлениям, геологоразведочные организации должны были, во-первых, произвести детальную разведку запасов железистых кварцитов с целью обеспечения ими в первую очередь строительство пяти рудников с годовой производительностью каждого в 2,5—3,0 млн. т и, во-вторых, организовать поиски остаточных гипергенных гематитовых руд, залегающих в более благоприятных горно-геологических и гидрогеологических условиях, чем уже известные залежи.

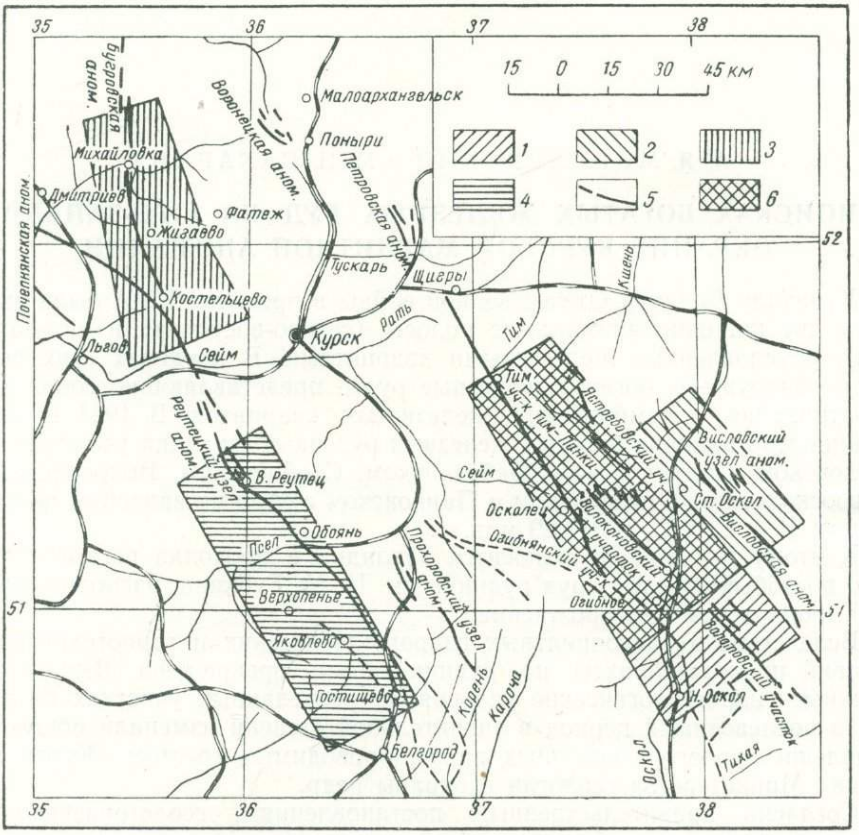
Во исполнение правительственного постановления, эти работы, начатые трестом «Курскгеология» в 1948 г., продолжаются и в настоящее время (фиг. 1).

Выполнению второй части указанного постановления предшествовало всестороннее изучение гидрогеологических условий Курской области, основанное на фактических данных бурения последних лет. Трестом «Курскгеология» в 1951 г. было открыто и разведывается крупное месторождение богатых руд в северной части северо-западной аномальной полосы — Михайловское.

Это месторождение по горнотехническим условиям значительно отличается от ранее разведанных. Однако гидрогеологические условия многих других известных железорудных месторождений Курской магнитной аномалии неблагоприятны и сходны с условиями Коробковского месторождения.

Это обстоятельство диктовало необходимость усиления поисков богатых железных руд в других районах и привело к нахождению таких руд

в новых пунктах. Следует отметить, что на большинстве известных рудных участков Курской магнитной аномалии гидрогеологические и инженерно-геологические условия являются мало благоприятными для эксплуатации богатых железных руд. Основным препятствием в этом



Фиг. 1. Обзорная карта исследований КМА

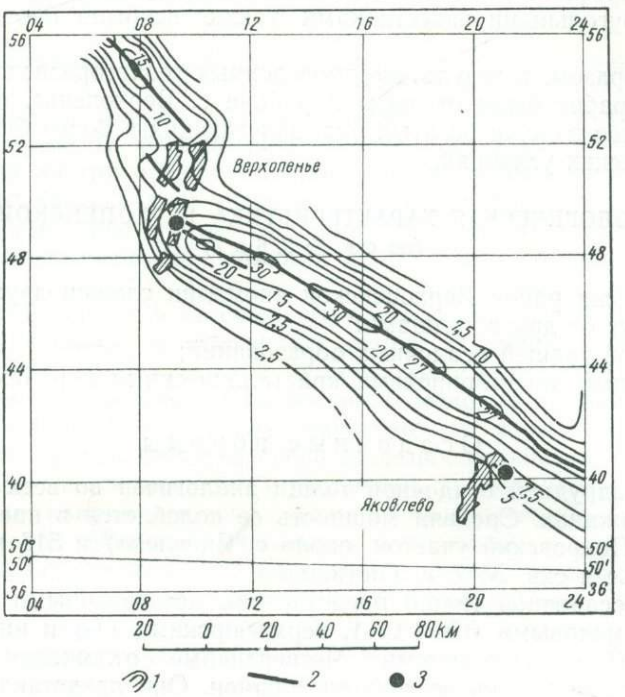
1 — площадь исследований в период с 1918 по 1941 г.; 2 — площадь исследований в период с 1947 г. по настоящее время; 3 — площадь исследований в период с 1948 г. по настоящее время; 4 — площадь исследований в период с 1952 г. по настоящее время; 5 — аномальные полосы; 6 — площадь охвата исследованиями в период с 1918 г. по настоящее время.

отношении является то, что все породы осадочной толщи, в том числе и рудная зона, обводнены напорными водами. При наличии в составе осадочной надрудной толщи рыхлых песчано-глинистых пород, обладающих плывунными свойствами, требуется осушение всех надрудных отложений перед началом эксплуатации богатых руд. Геологом Н. С. Мамлиным еще в 1951 г. была высказана мысль о наличии богатых руд, залегающих в более благоприятных геологических условиях, в местах развития глубоководных осадков мезозоя или палеозоя, представленных глинами и известняками, являющихся водонепроницаемой и устойчивой кровлей для добычи руд подземным способом.

Руководством треста «Курскгеология» было принято решение искать руды в местах развития глубоководных осадков мезозоя и палеозоя, представленных глинами и известняками, которые являются водонепроницаемой (глина) и устойчивой (известняки) кровлей, в связи с чем добыча подземным способом богатых руд, залегающих под этой кровлей,

не представит особых затруднений. С этой целью Обоянская геологоразведочная партия треста «Курскгеология» в 1952 г. начала поисковое бурение по профилю, идущему в направлении с. Верхопенье (скв. № 6), с. Яковлево (скв. № 5) и с. Гостищево (скв. № 7). Общая протяженность поискового профиля равна 45—50 км с расстоянием между скважинами 15—18 км.

Первая скважина № 5 была пройдена в с. Яковлево, находящемся почти на равном удалении от с. Верхопенье и с. Гостищево, т. е. в центре



Фиг. 2. Карта изодинам Z_a Верхопенской аномалии
1 — изодинамы Z_a в тыс. гамм; 2 — ось пласта железистых кварцитов; 3 — скважины, вскрывшие богатые железные руды.

поискового профиля. Скважина № 5 на глубине 479,60 м вскрыла брекчиевидную железную руду мощностью до 3 м. Ниже, до глубины 626,64 м, скважина прошла по плотным и сыпучим богатым рудам. С глубины 626,64 м скважиной вскрыты весьма обогащенные железистые кварциты.

Таким образом, первая скважина (№ 5), заложенная на поисковом профиле, вскрыла богатые железные руды на интервале протяженностью в 147,04 м (мощностью более 100 м). Покрывающими руды породами являются юрские алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы и карбоновые скрытокристаллические плотные известняки.

Большая вертикальная мощность богатых остаточных железных руд и благоприятные горнотехнические условия их залегания явились основанием для продолжения поисковых, геологоразведочных и геофизических исследований на площади, охватывающей Яковлевский и Верхопенский районы.

В июле 1953 г. Курской геофизической экспедицией была составлена карта изодинам Z_a Верхопенской аномалии (фиг. 2), по которой ось ано-

малии протягивается почти в широтном направлении от с. Верхопенье через с. Покровку, на юго-восток, несколько северней с. Яковлево (на 12—14 км, вкрест простирания на 5—6 км).

В самое последнее время скважина № 6, заложенная в с. Верхопенье на глубине 515,28 м, вскрыла брекчиевидные руды мощностью около 3,5 м, после чего она прошла 24,70 м по богатым плотным рудам и ниже врезалась в типичные широкополосчатые железистые кварциты, т. е. в основном повторила разрез скважины № 5. Затем в пределах того же поискового профиля скважина № 7 в с. Гостищево на глубине 514,39 м под каменноугольными известняками также вскрыла плотные богатые руды.

Таким образом, в результате проведенных геологоразведочных и геофизических работ были открыты в районе с. Верхопенье, с. Яковлевки и с. Гостищево залежи богатых руд, залегающих в более благоприятных горнотехнических условиях.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХОПЕНСКОЙ АНОМАЛИИ (по скв. № 5, 6 и 7)

Геологически район Верхопенской аномалии сложен двумя резко отличными друг от друга толщами:

а) мощной толщей осадочных образований;

б) древними докембрийскими кристаллическими породами.

Осадочные породы

Разрез надрудной осадочной толщи аналогичен во всех трех описываемых скважинах. Средняя мощность ее колеблется в пределах 480 м (скв. № 5, Покровский участок около с. Яковлево) и 515 м (скв. № 6, с. Верхопенье и скв. № 7, с. Гостищево).

Породы осадочной толщи представлены четвертичными (Q), третичными (Tr), меловыми (Cr_1+Cr_2), верхнеюрскими (J_3) и нижнекаменноугольными (C_1) отложениями. Четвертичные отложения покрывают сплошным плащом весь исследуемый район. Они представлены делювиальными суглинками и песками. Мощность четвертичных отложений колеблется от 5,0 до 20,0—25,0 м. Третичные отложения представлены желтовато-бурыми и зеленоватыми глинами с прослоями кварцевого и глауконитового песка. Мощность третичных отложений колеблется от 20 м (скв. № 6) до 40 м (скв. № 7), т. е. возрастает по направлению с северо-запада на юго-восток.

Меловые отложения распространены повсеместно и представлены тремя литологическими разновидностями: мергелем, мелом и песчаной толщей. Непосредственно под третичными глинами встречен сильно трещиноватый пишущий мел сенонского возраста мощностью от 20 м (с. Яковлево и с. Гостищево) до 60 м (с. Верхопенье). Толща меловых отложений представлена серым и светлосерым, плотным, слюдистым мергелем с незначительной примесью песка. Мощность этой толщи равна 100 м.

Меловая толща состоит из сильно пучащего, вязкого и плотного белого мела. Фауна в толще мела не обнаружена. Мощность этой толщи равна 60 м.

Песчаный горизонт представлен кварцевыми разнозернистыми песками. Мощность песка в среднем равна 50 м. Нередко в толще сеноманальбских песков встречаются песчаники и конкреции пирита.

Верхнеюрские отложения представлены плотными, водонепроницаемыми глинами. Книзу глина становится значительно плотнее. Среди глин

встречаются прослои аргиллитов, песчаников, известняков и, реже, песков, причем последние приурочены к верхним горизонтам. Мощность юрской толщи равна 200—220 м.

Нижнекаменноугольные отложения представлены крепкими окремнелыми известняками с прослоями линзовидного роговика, глинисто-углистых сланцев и бурого угля (скв. № 7, с. Гостищево и скв. № 6, с. Верхопенье). В скважине № 6 отчетливо выражен контакт бурого угля с лежащей ниже рудной брекчией. Мощность каменноугольных отложений колеблется от 12 м (скв. № 5) до 40 м (скв. № 7).

Докембрийская кристаллическая толща

Под осадочной толщей залегают более древние докембрийские кристаллические породы, условно разделенные в пределах Курской магнитной аномалии на три отдела: нижний, средний и верхний.

Породы нижнего отдела представлены кварцево-биотитовыми полосчатыми гнейсами, конгломератовидными гнейсами, амфиболитами, кварцево-мусковито-тальковыми сланцами с прослоями сливного безрудного кварцита.

Породы среднего отдела сложены в основном железистыми кварцитами. По содержанию в железистых кварцитах рудных минералов они могут быть магнетитовыми или гематитовыми (железнослюдковыми). Но чистые, мономинеральные разности железистых кварцитов встречаются очень редко. Обычно среди магнетитовых железистых кварцитов встречается железный блеск, а среди железнослюдковых (гематитовых) кварцитов встречается магнетит в различных пропорциях.

Железистые кварциты в зоне окисления претерпевают сложные химические изменения. Магнетит окисляется и переходит в мартит, а кварц и другие силикаты выщелачиваются. Такой процесс превращает железистые кварциты в богатые железные руды. Глубина зоны выветривания и окисления кварцитов колеблется от 10 до 100 м и более.

Породы верхнего отдела сложены слюдяными и гранато-биотитовыми сланцами и мраморизованными известняками. Эти породы встречены скважинами на Реутецком участке, находящемся в 70 км на северо-запад от разведываемого Покровского месторождения на расстоянии 70 км, где они в основном представлены гранато-биотитовыми сланцами.

ОПИСАНИЕ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД, ОБНАРУЖЕННЫХ СКВАЖИНАМИ № 5, 6 и 7

Выше упоминалось, что в пределах юго-западной аномальной полосы скважинами № 5, 6 и 7 непосредственно под палеозойскими отложениями, представленными нижнекаменноугольными известняками, встречены богатые железные руды. Ниже приводится макроскопическое описание этих руд.

Скважина № 5 Покровского месторождения (с. Яковлево) на глубине 479,6 м под толщей осадочных верхнемеловых, юрских и каменноугольных отложений вскрыла остаточные богатые железные руды. Верхняя часть вскрытых руд мощностью до 3 м представлена рудной брекчией в виде небольших угловатых, неправильной формы, обломков размером до 1 см, состоящих из железного блеска, гидрогематита и мартита, которые сцементированы глинисто-железистым, иногда сидеритизированным цементом.

Среди этих брекчиевидных руд наблюдаются тонкие налеты гидроокислов железа темножелтого цвета.

С глубины 483 м рудная брекчия переходит в плотную, крепкую, сидеритизированную гематитовую руду. Остаточная полосчатость руды на этом интервале выражена весьма слабо. Сидерит в рудной массе обычно находится в рассеянном состоянии, реже в виде прожилок и небольших гнезд.

С глубины 489 м плотные руды переходят в сыпучую, порошкообразную гематитовую разновидность с небольшой примесью маггемита.

Ниже, с глубины 620 до 626,6 м, порошкообразная руда, с прослоями плотной, сменяется плотной разновидностью этой руды с ясно выраженной тонкополосчатой, остаточной текстурой железистых кварцитов, залегающих под углом 75—80° к горизонту.

На глубине 626,64 м скважина вошла в толщу окисленных железистых кварцитов. Макроскопически кварцит представляет собой темносерую с вишневым оттенком тонкополосчатую породу, в которой ясно наблюдается переслаивание темносерых рудных (шириной 4—6 мм) и светлых полос кварца (шириной до 5 мм). Преобладающими являются рудные полосы.

На основании изложенного, по макроскопическому определению, в рудном горизонте, вскрытом скважиной № 5 (с. Яковлево), на Покровском железорудном месторождении можно выделить три типа руд, различающихся по текстурным признакам:

1. Брекчиевидные руды (верхняя часть рудной зоны).
2. Сыпучие порошковатые руды.
3. Плотные руды: а) массивные; б) полосчатые.

По данным петрографических исследований, рыхлая сыпучая руда (глубина 500 м) в основном состоит из гематита. Иногда процесс окисления железистых кварцитов идет дальше и начинается гидратизация гематита с образованием гидрогематита. Первичным материалом для образования богатых железных руд являлись магнетито-гематитовые (железный блеск), железистые кварциты. При окислении этих кварцитов из них выщелачиваются прослои кварца и других силикатов; магнетит переходит в мартит. Железный блеск является более устойчивым минералом при гипергенных процессах и мало подвергается изменениям. Окисленный магнетит (мартит) и железный блеск не выщелачиваются из кварцитов в зоне окисления и являются основными минералами рыхлых богатых руд. Кроме этих рудных минералов, в рыхлой руде присутствует в небольшом количестве магнетит, обладающий магнитными свойствами. Эти же рудные минералы слагают в основном и плотные руды. В этих плотных разновидностях руды ясно выражена остаточная полосчатая текстура железистых кварцитов.

Иногда в руде наблюдаются небольшие красные прослои сильно ожелезненного («окраскованного») сланца.

На глубине 626,64 м, как ранее нами указывалось, скважиной № 5 подсечены железистые кварциты.

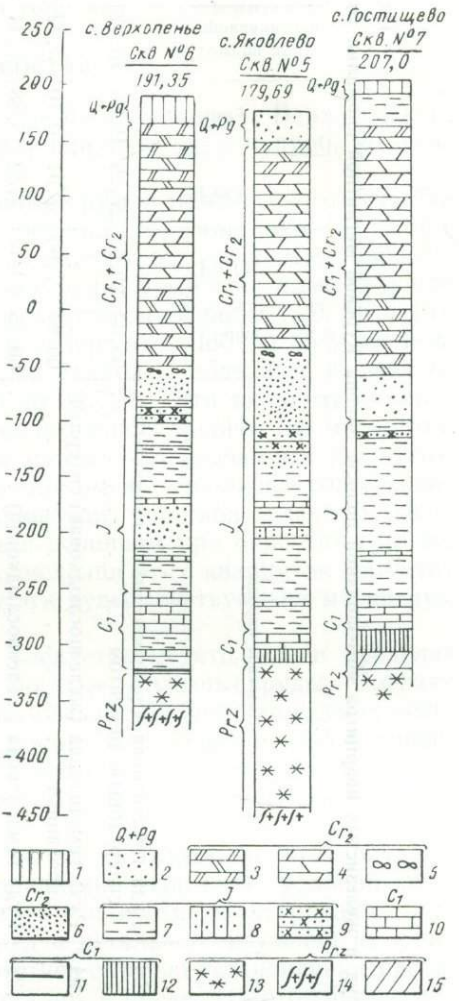
Макроскопически железистые кварциты представляют собой темносерую с вишневым оттенком тонкополосчатую породу, в которой тонко переслаиваются темносерые преимущественно рудные полоски (шириной 4—6 мм) с кварцевыми полосками (шириной до 5 мм). При действии соляной кислоты вскипания не наблюдается.

Под микроскопом железистые кварциты, взятые с глубины 630 м, представляют собой компактную породу от темносерого до черного цвета с полосчатой текстурой, в которой рудные прослои преобладают над кварцевыми.

На Верхопенском участке (скв. № 6), непосредственно под нижнекаменноугольными отложениями, на глубине 515,28 м, встречены остаточные руды коры выветривания железистых кварцитов.

Этой скважиной пройдена вся рудная толща и на глубине 543,48 м вскрыты железистые кварциты. Мощность рудной толщи, по данным скважины, равна 28—20 м. Рудная толща начинается брекчированной рудой (фиг. 3), которая макроскопически состоит из рудных и силикатных обломков, сцементированных рудным материалом. Размеры обломков 5—8 мм. Рудный материал представлен в основном мартитом и гематитом. В виде отдельных включений встречаются охристо-желтые и красно-бурые прослои гидроокислов железа. Мощность рудной брекчии 3,5 м.

Под рудной брекчией скважиной вскрыта плотная сидеритизированная гематитовая руда. В руде встречаются красно-бурые и охристо-желтые силикатные прослои, частично замещенные гидроокислами железа. Ширина этих прослоев не превышает 5—7 мм. Чередование мартитовых прослоев и прослоев гидроокислов железа обусловливает полосчатую текстуру руды. Количество силикатных прослоев к концу интервала увеличивается и содержание железа в руде уменьшается. Железистые кварциты, подсеченные скважиной в районе Верхопенья, отличаются от таковых на Яковлевском участке, так как они беднее по содержанию рудных минералов. Эти кварциты окислены и содержат большое количество светлозеленых силикатных прослоев. Железистые кварциты разнополосчатые, но среди них преобладают широкополосчатые, причем среди них безрудные прослои (кварцевые и силикатные) более широкие, чем рудные.



Фиг. 3. Геологические разрезы по скважинам № 5, 6 и 7 по состоянию на 25/XII 1953 г.

1 — суглинки; 2 — пески; 3 — мел; 4 — мергель; 5 — фосфориты; 6 — пески; 7 — глины; 8 — супеси; 9 — песчаники; 10 — известняки; 11 — уголь; 12 — углистые сланцы; 13 — железная руда; 14 — железистые кварциты; 15 — глинистые образования, обогащенные железом

Скважина № 7 поискового профиля, заданная в юго-восточной части его, у с. Гостищево, под нижнекаменноугольными отложениями — кавернозными скрытокристаллическими известняками и темными глинистыми сланцами, на глубине 514,39 м, встретила сильно ожелезненные гидрогематитизированные («окрашенные») сланцы. В толще сланцев наблюдаются отдельные прослои мощностью в несколько сантиметров плотной гематитовой сидеритизированной руды. Под рудными прослойками скважиной вскрыты темносерые и пестрые немые глинистые сланцы. Вследствие этого трудно объяснить наличие руд выше этих сланцев. Можно только предполагать, что встреченные

Таблица 1

Химический состав богатых руд и железистых кварцитов юго-западной полосы района Курской магнитной аномалии (в %)

Название участка и номер скважины	Номер пробы	Глубина взятия в м³	Название породы	$Fe_{общ}$	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	Потери при прокаливании	Сумма окислов железа	Сумма компонентов
Яковлево, скв. № 5	5	480,24—481,94	Руда гематитовая, брекчиевидная с глинистым и сидеритовым цементом	35,34	20,05	27,29	19,09	10,52	47,34	76,92
То же	9	481,94—482,94	Руда гематитовая (железнослюдковая) сидеритизированная	60,44	77,66	7,91	0,70	5,32	85,57	91,59
„ „	1	494,99—495,39	Руда гематитовая (железнослюдковая)	60,58	83,47	2,32	5,88	1,34	85,79	93,01
„ „	16	503,1 —503,55	Руда гематитовая (железнослюдковая) слабо сидеритизированная	62,58	80,40	8,20	4,96	1,46	88,60	95,02
„ „	19	506,55—507,55	Руда гематитовая (железнослюдковая) слабо сидеритизированная	65,84	90,61	3,19	—	0,34	98,80	94,14
„ „	2-а	626,8	Железистый кварцит (железнослюдковый) окисленный	49,45	69,88	0,49	29,40	—	70,37	99,77
„ „	3	628,3	Железистый кварцит (железнослюдковый) окисленный	40,92	56,90	1,09	41,72	—	57	99,71
Верхопенье скв. № 6	1	522	Руда гематито-магнетитовая	52,59	52,26	20,32	3,17	—	72,58	80,75
То же	2	523	Руда гематито-магнетитовая	50,69	40,17	28,81	2,33	—	68,98	71,91
Гостищево, скв. № 7	7	531	Руда гематито-мартитовая, сидеритизированная	56,33	49,40	27,69	—	14,00	77,09	91,09

богатые руды в скважине № 7 являются не коренными, а переотложенными, снесенными, повидимому, с близлежащих месторождений коренных руд.

Дальнейшее бурение и детальная обработка каменного материала послужат основным материалом для стратиграфического расчленения упомянутой толщи пород и выяснения генезиса встреченных руд.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУД

Химический состав рудного горизонта Яковлевского и Верхопенского участков дается на основании неполных анализов десяти проб, которые приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что брекчиевидные руды Яковлевского участка (скв. № 5), представляющие самый верхний горизонт рудной толщи, вследствие наличия в них глинистого и сидеритового цемента, содержат всего лишь 35% железа. Гематитовые же руды, представленные главным образом железным блеском и отчасти мартитом (пробы 1, 9, 16 и 19), относятся к типу богатых руд, так как содержат от 60 до 65% железа. Залегающие ниже этих руд железистые кварциты содержат железа от 40,92 до 49,45%, кремнезема от 29,40 до 41,72%. Эти кварциты состоят в основном из железного блеска и незначительного количества магнетита, который в зоне окисления перешел в мартит. Из указанных кварцитов не выщелочен до конца кварц и потому они имеют небольшое содержание железа. Руды Верхопенского и Гостищевского участков содержат железа от 50,69 до 56,33% и образовались в основном при окислении магнетитовых железистых кварцитов. При окислении этих кварцитов магнетит еще не полностью окислился и потому эти руды действуют на магнитную стрелку.

В заключение настоящей статьи следует отметить, что в пределах Верхопенской аномалии обнаружены богатые железные руды, залегающие в более благоприятных гидрогеологических и горнотехнических условиях. Эти руды имеют значительную мощность и залегают под устойчивой, мощной (до 100 м) кровлей и, несмотря на относительно большую глубину их залегания, они безусловно представляют значительный практический интерес.

Дальнейшие разведочные работы на вновь открытом железорудном месторождении должны вестись в направлении выяснения условий залегания этих руд, определения их истинной мощности, оконтуривания рудных залежей, подсчета запасов этих руд и детального изучения их качества. Геофизические работы должны вестись с целью установления протяженности и ширины Верхопенской аномалии, в пределах которой развиты богатые руды.

Академик Д. С. КОРЖИНСКИЙ

ЭНДОГЕННЫЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОБЛЕМА БОГАТЫХ РУД В КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Толщи докембрийских метаморфических железистых кварцитов и джеспилитов известны в различных частях земного шара, причем всюду они обнаруживают замечательные черты сходства. Содержание железа в самих кварцитах и джеспилитах невысокое, в среднем около 35%, в силу чего использование этих пород в качестве руд (с последующим обогащением) имеет место только в самые последние годы. До этого разрабатывались только богатые руды, которые залегают в железистых кварцитах в виде эпигенетических тел, возникших в результате как поверхностных, так и эндогенных метасоматических процессов. Образование преобладающей части этих богатых руд связано с процессами древней коры выветривания, как, например, руды «саксаганского типа» в Кривом Роге (им посвящена другая статья автора в этом сборнике), а также богатые руды района Верхнего Озера в США и Канаде. В Кривом Роге, в Бразилии, Либерии среди железистых кварцитов (называемых в Бразилии итабиритами) известны тела богатых магнетитовых руд, связанных с эндогенными метасоматическими процессами. Изучение эндогенных метасоматических процессов в Курской магнитной аномалии необходимо в связи с проблемой поисков здесь богатых эндогенных руд типа магнетитовых руд северных участков Кривого Рога (бассейн р. Желтой). Наиболее распространенным метасоматическим процессом в толще железистых кварцитов КМА и Кривого Рога является «щелочной метасоматоз» с образованием щелочных амфиболов и пироксенов. Щелочные амфиболы (родусит, рибекит и пр.) и пироксены (эгирин) могут развиваться за счет куммингтонита, магнетита и кварца железистого кварцита с привносом одного натрия, с образованием щелочно-амфиболовых кварцитов с магнетитом и гематитом. В условиях привноса не только натрия, но и магния, замещение кварца и магнетита идет дальше и возникают щелочно-амфиболовые и эгириновые сланцы, почти не содержащие кварца.

Проблема щелочного метасоматоза и в железистых кварцитах представляет значительную сложность. Обычно щелочные амфиболы и пироксены бывают связаны с формациями щелочных пород типа нефелиновых сиенитов, в которых и магма и послемагматические растворы обладали повышенной концентрацией щелочных металлов и общей повышенной щелочностью. В данном случае необходимо выяснить причины повышенной щелочности метаморфизующих растворов.

Щелочные амфиболы и пироксены типичны для железистых кварцитов в большинстве их месторождений, на что впервые обратила внимание Ю. И. Половинкина. Это явление первоначально объяснялось ею воздействием магм основного состава, а позднее воздействием особых фаций гранитов, богатых щелочными полевыми шпатами (в Кривом Роге это граниты «днепровского» типа). Это объяснение неудовлетворительно по-

тому, что щелочной метасоматоз приурочен только к самим железистым кварцитам и не проявляется в сланцах подстилающей и покрывающей кварциты толщах. Такая приуроченность дала основание В. С. Соболеву выдвинуть предположение, что исходные для железистых кварцитов осадки содержали соли натрия, которые при метаморфизме и обусловили повышенную щелочность растворов в пределах толщи железистых кварцитов. Однако это интересное предположение трудно согласовать с тем, что щелочной метасоматоз проявляется в зонах наиболее сильного развития метаморфических и метасоматических явлений, т. е. в зонах наиболее интенсивной промывки толщи восходящими растворами, тогда как в менее интенсивно метаморфизованных участках толщи щелочных минералов не образовалось.

При наличии осадочных солей наиболее высокая щелочность должна была бы проявляться в участках, в которых метаморфизм протекал в условиях слабой промывки восходящими растворами, т. е. не сопровождался особо интенсивными метасоматическими процессами.

Нами выдвигается новая гипотеза явлений такого рода. Она основана на предположении, что общее повышение щелочности раствора, вызванное растворением соли сильного основания и слабой кислоты (например, карбоната или силиката кальция и магния), должно повышать коэффициенты активности всех сильных оснований раствора. В силу этого при вступлении нормальных послемагматических растворов с обычной концентрацией натрия и калия в среду карбонатных пород или основных пород базальтового (габброидного) состава, щелочность растворов, и в частности химические потенциалы калия и натрия в них, должна возрастать, несмотря на сохранение прежней концентрации калия и натрия в растворе, только за счет повышения коэффициентов их активности. Для существенного обогащения горных пород калием и натрием за счет метасоматических реакций пород с растворами потребуется, конечно, достаточно длительное и интенсивное воздействие просачивающихся растворов. В обоснование этой гипотезы нами в другой работе приводится большое количество примеров разнообразных метасоматических и магматических явлений.

В случае железорудных кварцитов Курской магнитной аномалии и Кривого Рога большое значение имеет постоянное содержание в них рассеянных карбонатов, в основном доломита. Растворение этих карбонатов вызывает повышение щелочности восходящих растворов, которые из гранитов и через сланцевые толщи вступают в железистые карбонатсодержащие кварциты.

При прежней нормальной концентрации натрия и калия эти растворы реагируют с кварцитами как щелочные, вызывая щелочной метаморфизм и метасоматоз, с образованием щелочных амфиболов и пироксенов. Важным моментом является низкое содержание глинозема в кварцитах, так как при высоком содержании слюд расход щелочных металлов на образование полевых шпатов замедляет повышение щелочности растворов. Значительное развитие щелочных минералов в породе всегда связывается со значительной интенсивностью метасоматоза и доказывает прохождение здесь значительных объемов восходящих растворов.

С точки зрения этой «гипотезы взаимодействия оснований в растворе» понятно, что наиболее щелочные минералы (эгирин, рибекит) возникают в зонах наиболее интенсивного метасоматизма.

Наиболее полное замещение железистых кварцитов щелочными амфиболами (типа родусита) происходит при сочетании щелочного метасоматоза с магнезиальным. Широко развит также магнезиальный метасоматоз, не сопровождаемый натровым. Он выражается обычно в развитии

метасоматического куммингтонита $[H_2(Fe, Mg)_7Si_8O_{24}]$ за счет реакции магнетита с кварцем, с привносом магния. Куммингтонит при этом располагается в виде реакционных каемок между магнетитовыми и кварцевыми прослоями. Такое закономерное расположение в кварците куммингтонитовых полосок между магнетитовыми и кварцевыми и служит признаком магнезиального метасоматоза. Вероятно значительная часть почти мономинеральных куммингтонитовых сланцев, с примесью граната и магнетита, типичных и для КМА и для Кривого Рога, возникла именно при магнезиальном метасоматозе. Такого рода магнезиальный метасоматоз довольно широко развит как в районах КМА, так и Кривого Рога.

Перейдем теперь к проблеме железного метасоматоза с образованием богатых эндогенных руд. В Курской магнитной аномалии пока только в единичных случаях встречены проявления железного метасоматоза с образованием богатых магнетитом жилок мощностью всего по нескольку сантиметров (до 15 см). Условия их образования выяснены недостаточно.

В Кривом Роге тела богатых, существенно магнетитовых руд среди толщи железистых кварцитов известны в северных участках Кривого Рога (бассейн р. Желтой) и отчасти в самых южных. В настоящее время эти месторождения и фондовые материалы по ним трудно доступны, а представления о их генезисе противоречивы. Можно утверждать, что они не могли образоваться за счет метаморфизма руд коры выветривания, т. е. за счет руд «саксаганского» типа, так как в Кривом Роге породы древней коры выветривания совершенно не обнаруживают воздействия метаморфических процессов (тогда как в месторождениях района Верхнего озера известны сильно метаморфизованные руды коры выветривания). В пользу метасоматического, а не осадочного происхождения богатых магнетитовых руд Кривого Рога говорит приуроченность к рудным телам проявлений мощных метасоматических процессов, а именно щелочного натриевого, магнезиального и других видов метасоматоза. Рудные тела в основном сложены магнетит-щелочно-амфиболовыми породами. По данным Я. П. Белевцева, здесь обнаруживается метасоматическое развитие магнетита и щелочных амфиболов за счет кварцевых прослоев железистых кварцитов. Имеет место также обогащение некоторыми редкими элементами. Как более поздний процесс проявляется карбонатизация с привносом кальция и альбитизация, повидимому, с привносом алюминия.

Интересны новые месторождения богатых железных руд среди докембрийских железистых кварцитов в Либерии, в отношении геологии которых имеются только первые сведения. Здесь месторождение Боми Хилл уже в 1951 г. достигло годовой производительности 1 млн. т руды с содержанием около 68% железа, при низком содержании фосфора и серы. Условия обнаженности, сравнительно с другими районами развития железорудных кварцитов, исключительно благоприятны, и поэтому имеет смысл привести целиком первое сообщение о геологии этих интересных месторождений.

«Геологические исследования в Либерии с 1944 по 1952 г. вскрыли два различных типа коренных месторождений железа: 1) низкопроцентные итабириты, 2) метасоматические тела руд со средним и высоким содержанием железа... В Либерии широко распространены яснослоистые итабириты, состоящие из кварца в комбинации с магнетитом или гематитом или обоими вместе и содержащие от 30 до 40% железа. Большие массы их, в несколько миль длиною и многие сотни футов мощностью, образуют или увенчивают наиболее высокие горы страны. По сложению итабириты изменяются от плотных железистых сланцев до хорошо раскристаллизованных зернистых пород, содержащих магнетитовые зерна до четверти дюйма в поперечнике. С итабиритами в двух главных место-

рождениях ассоциируются слоистые кварциты, что не позволяет сомневаться в их осадочном происхождении. Все богатые руды ассоциируются со складками в средне- и крупнозернистых итабиритах. Хотя итабириты крутопадающих моноклинальных толщ нередко испытали локальное гидротермальное обогащение, но все известные главные тела богатых руд связаны с гребнями или синклинальными перегибами складок. Считается, что крупные рудные тела в Боми Хилл образовались замещением линз итабирита и в меньшей степени — замещением гранатово-слюдяных плагиогнейсов, с которыми итабирит перепластовывается в сравнительно открытой неправильной синклинали. Главная железная минерализация предшествовала или сопровождалась образованием скарна, богатого куммингтонитом и антофиллитом, эпидотом, роговой обманкой, а также темной слюдой, акцессорными пироксеном и шпинелью, которые все в значительной степени превращены в хлоритовые и серпентиновые минералы. С применением обогащения хорошие слоистые руды включают перекристаллизованные итабириты, в которых кварц был замещен преимущественно куммингтонитом, и кварцево-куммингтонито-магнетитовые породы, образовавшиеся при замещении гнейсов вдоль близко расположенных плоскостей скалывания» (T. P. Thayer. Economic. Geology. v. 47, 1952, № 7, 777).

В месторождениях Либерии метасоматическое происхождение богатых железных руд выяснено с достаточной определенностью. За метасоматическое их образование говорит, в частности, и приуроченность оруденения к антиклинальным и синклинальным изгибам толщи и сопровождение магнезиальным метасоматозом. Вызывает недоумение, что не отмечаются щелочные амфиболы, которых здесь следует ожидать. Возможно, что они не были опознаны автором и описываются им просто как «роговые обманки». Сравнение с Либерией позволяет с большой уверенностью относить амфиболо-магнетитовые руды р. Желтой (Кривой Рог) к эндогенным метасоматическим образованиям.

В отношении условий образования богатых эндогенных руд среди железистых кварцитов еще много неясного. Несомненно, что это оруденение стоит в связи с контактовым воздействием гранитных масс, метаморфизовавших толщу железистых кварцитов. Магнетитовое оруденение в контактовых ореолах гранитоидных массивов обычно развивается за счет замещения пластов известняков или доломитов, которые большей частью предварительно подвергаются оскарнованию. Такого рода контактово-метасоматическое оруденение в особенности типично для условий малых и средних глубин, но, как показал пример новых алданских магнетитовых месторождений, оно может мощно проявляться и в условиях наиболее глубинных архейских гнейсовых комплексов. Отложение магнетита в этих случаях вызывается растворением карбонатов или богатых кальцием и магнием скарновых силикатов, т. е. повышение концентрации кальция и магния в восходящих растворах понижает растворимость в них железа.

Железорудные кварциты, как правило, содержат существенное количество рассеянного доломита. Возможно, в некоторых случаях отложение магнетита в железорудных кварцитах обусловлено замещением этого доломита, некоторые же залежи магнетита возникли за счет линз доломита среди железистых кварцитов. Однако рассеянное содержание доломита представляется недостаточным для объяснения оруденения в толщах железистых кварцитов в целом. Следует еще принять во внимание, что обычное контактово-метасоматическое магнетитовое оруденение в скарновых месторождениях бывает приурочено к высокотемпературной стадии послемагматического процесса и с переходом к среднетемпературн-

ной стадии осаждение железа из растворов прекращается, тогда как рассматриваемое оруденение в железистых кварцитах является среднетемпературным, как видно из сопровождения метасоматического магнетита куммингтонитом и щелочными амфиболами. Магнетитовое оруденение в железистых кварцитах представляет, следовательно, совершенно своеобразное явление, повидимому, так или иначе связанное с переотложением железа самих кварцитов.

Очевидно, здесь, мы имеем дело с «приконтактовым выщелачиванием», теория которого изложена в другом месте (Д. С. Коржинский, Зап. Всес. минерал. общ., ч. 82, 1953, № 3). В применении к данному случаю схему приконтактового выщелачивания можно изложить следующим образом. Граниты, метаморфизовавшие толщу железорудных кварцитов, при своем остывании выделяли потоки послемагматических растворов. Эти восходящие потоки просачивались через толщу железистых кварцитов преимущественно вдоль тектонически ослабленных зон и на своем пути претерпевали существенное охлаждение, так как сланцы висячего бока толщи железорудных кварцитов обнаруживают большей частью значительно более низкотемпературный метаморфизм, чем гранитизированные породы лежачего бока. Понижение температуры первоначально приводит к повышению кислотности растворов, в силу чего они на своем пути производят выщелачивание пород, обедняя их основаниями. В гипабиссальных условиях приконтактовое выщелачивание иногда приводит к образованию зоны окварцевания или же к образованию зоны выщелачивания щелочных земель и полного или частичного выщелачивания щелочных металлов («вторичные кварциты»). В глубинных условиях формирования гнейсо-сланцевых толщ выщелачивание железистых кварцитов, вероятно, ограничивалось частичным их окварцеванием, с выносом всего карбоната и части магнетита. На дальнейшем своем пути восходящие растворы нейтрализовались отчасти в результате взаимодействия с боковыми породами, а отчасти уже в силу одного охлаждения. Гипотеза о том, что в среднетемпературных условиях понижение температуры приводит сначала к повышению кислотности растворов, а затем к обратному понижению ее, основана на сопоставлении разнообразных геологических примеров приконтактового выщелачивания. Вдоль участков понижающейся кислотности потоки растворов будут отлагать основания, вынесенные из зоны выщелачивания. Поскольку выщелачиванию подвергались породы, богатые железом и отчасти магнием, раствор в наибольшей степени окажется пересыщенным железом и оно в зоне нейтрализации сможет отлагаться в виде магнетита, в сопровождении магнезиально-железистых амфиболов с замещением ими кварца. Этой схемой объясняется и последующее более ограниченное отложение околорудных тел карбонатов и альбитизация с привносом глинозема.

Согласно гипотезе приконтактового выщелачивания, ниже эндогенных железорудных тел должны существовать зоны частично окварцованных железистых кварцитов. Исследователям северной группы месторождений Кривого Рога следует обратить на это внимание при своих исследованиях, чтобы подтвердить или опровергнуть выдвигаемую здесь гипотезу. Пока можно лишь отметить, что в работах Ю. И. Половинкиной мы встречаем указания на довольно широкое развитие явлений окварцевания в железистых кварцитах, например в виде псевдоморфоз кварца по карбонату.

Общее сходство геологической обстановки и горных пород толщи железорудных кварцитов Курской магнитной аномалии, Кривого Рога, Либерии и других докембрийских районов настолько велико, что при

поисковых работах необходимо считаться с возможностью встречи в КМА эндогенных богатых руд типа Кривого Рога и Либерии. Они могут быть встречены в зонах наиболее интенсивного проявления метасоматических процессов, именно в зонах магнезиального и щелочно-магнезиального метасоматоза. Одним из таких районов является район Коробково—Салтыково, приуроченный к синклинальному перегибу толщи железорудных кварцитов. В этом районе для железорудных кварцитов типично метасоматическое развитие обильных щелочных амфиболов и отчасти эгирина с привносом натрия и магния. В прилежащих районах (Осколецкий, Лебединский) метасоматоз ослабевает и выражается, по данным А. А. Глаголева, в развитии куммингтонита с привносом магния. Щелочная амфиболизация интенсивно развита также в районе с. Михайловского (Яцынский и Костельцевский участки). Скважины в районах с более простым залеганием толщи железистых кварцитов обычно обнаруживают отсутствие метасоматических явлений. Поиски богатых магнетитовых руд могут ограничиваться участками с наиболее интенсивным проявлением щелочного и магнезиального метасоматоза.

Высокотемпературные и среднетемпературные метасоматические процессы, связанные с кислыми гранитоидами, как известно, нередко приводят к повышению радиоактивности измененных пород. Это дает возможность применения геофизических методов для окунтуривания участков возможного оруденения. В данном случае можно предполагать, что изучение кернов скважин при помощи счетчиков, в сочетании с петрографическим их изучением, поможет в выделении участков наиболее интенсивного проявления послемагматических метасоматических процессов, которые и могут явиться участками возможного богатого магнетитового оруденения.

Н. А. ПЛАКСЕНКО

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ И СТРАТИГРАФИИ ДОКЕМБРИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ИСТОРИЯ И СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Начало серьезного изучения геологического строения докембрийских пород Курской магнитной аномалии относится к 1919 г., когда по указанию В. И. Ленина была создана Особая комиссия по изучению КМА.

Геологические работы этой комиссии (особенно проведенные в районе Щигров), возглавлявшиеся академиками И. М. Губкиным, А. Д. Архангельским и П. П. Лазаревым, дали первые полные представления о составе и строении толщи железистых кварцитов протерозоя, а также кроющих и подстилающих ее пород в пределах разбуренного участка.

В районе Щигров скважинами ОККМА был впервые получен сплошной разрез толщи железистых кварцитов, который до последнего времени был единственным на всей территории КМА. Поэтому характер строения докембрия Щигровского района, в осебенности его среднего отдела, многими исследователями принимался за опорный и переносился механически на другие участки КМА. Данные о геологическом строении докембрия Щигровского участка породили представление об однопластовой схеме строения среднего отдела, долгое время поддерживавшейся геологом И. А. Русиновичем и опровергнутой данными послевоенных разведок.

Представления о геологическом строении докембрия других участков Курской магнитной аномалии до 1950 г. носили сугубо схематический характер и не отвечали истинному положению вещей.

С 1948 г., благодаря развертыванию широких поисково-разведочных работ на территории Курской магнитной аномалии, начали поступать новые данные о геологическом строении протерозоя других участков КМА, во многом изменивших прежние представления о его строении и составе вообще и о строении толщи железистых кварцитов в особенности.

Были выяснены в общих чертах стратиграфические особенности строения докембрия некоторых участков, их тектоника, разработаны принципы корреляции железистых кварцитов и их минералогическая классификация, что позволило дать для некоторых участков литолого-стратиграфическую схему расчленения толщи железистых кварцитов.

Новые данные подтвердили высказанное нами еще в 1949 г. мнение о неправильности механического перенесения схемы строения протерозоя Щигров на другие участки, о безусловном наличии фациальных изменений осадков по простиранию и падению докембрийских пород, о различной степени их метаморфизма в пределах различных участков КМА. Эти положения ложились в основу при разведке и изучении новых районов КМА и каждый раз оправдывали себя. К настоящему времени изученность протерозоя в пределах всей территории КМА весьма неодинакова.

Если строение протерозоя рудных полей и прилегающих к ним участков, расположенных в пределах Старооскольского узла аномалий, можно считать в общих чертах, в пределах разбуренных скважинами глубин, выясненным, то этого далеко нельзя сказать о других участках КМА и в особенности об участках, тяготеющих к району Льгова. Это сопряжено главным образом с отсутствием там до последнего времени сплошных пересечений среднего отдела протерозоя, хотя бы по нескольким профилям.

Отсутствие данных о строении протерозоя на большой территории КМА не позволяло также до последнего времени установить характер, причины и, возможно, некоторые закономерности изменения этого строения на протяжении всей полосы курских магнитных аномалий.

Эти вопросы являются в настоящее время меньше всего выясненными и требуют углубленного их изучения, тем более что теперь имеется некоторый материал, позволяющий делать предварительные выводы в этом направлении.

В настоящей статье приводятся данные о геологическом строении протерозоя Курской магнитной аномалии по материалам как прежних работ ОККМА, так и по материалам наших исследований, производившихся с 1948 г. по настоящее время, и последним данным геологоразведочных организаций треста «Курскгеология», главным образом Курской железорудной экспедиции.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ ДОКЕМБРИЯ КМА

В настоящее время для протерозоя всей территории КМА принято условно трехчленное деление метаморфических пород, впервые предложенное А. Д. Архангельским и И. И. Корбуш для докембрия Щигровского района. По этой схеме породы протерозоя делятся на верхний отдел — сланцево-известковая толща; средний отдел — толща железистых кварцитов; нижний отдел — сланцево-гнейсовая и мигматитовая толща. Характеристика этих отделов и характер взаимоотношений между слагающими их породами приведены ниже.

Известно, что магнитные аномалии, получившие наименование курских, распространены на территории центра Европейской части Советского Союза в виде двух более или менее обособленных полос — юго-западной и северо-восточной. Обе эти полосы имеют сложные очертания и дают некоторое представление об основных чертах тектоники Курской магнитной аномалии.

Наличие этих полос фиксируется по максимальным напряжениям магнитного поля, вызываемым магнетитсодержащими железистыми кварцитами протерозоя, скрытыми под чехлом осадочных пород палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Узколинейное распространение аномальных полос (а не площадное) является следствием узости контуров выходов толщи железистых кварцитов ввиду крутого падения крыльев крупных тектонических структур, слагаемых ими. Юго-западная полоса магнитных аномалий протягивается с юго-востока на северо-запад в направлении: Волчанск — Белгород — Обоянь — Михайловка и далее на северо-запад, разветвляясь южнее с. Костельцево на две ветви.

До начала работ треста «Курскгеология» (1948 г.) на территории юго-западной полосы КМА ни одной скважины не было пробурено. По данным бурения последних лет установлено, что в районе Льгова глубина залегания протерозоя изменяется от 30 до 150—160 м.

Северо-восточная полоса КМА протягивается с юго-востока на северо-запад по линии Валуйки — Новый Оскол — Старый Оскол — Тим —

Щигры и далее на северо-запад постепенно затухает. Глубина залегания пород протерозоя в пределах этой полосы изменяется от 60 м (Коробково — Лебеди) до 270 м (Новый Оскол), увеличиваясь в южном направлении до 480 м (район Валуек).

Геологическая изученность докембрия в пределах этих двух полос неодинакова. Наиболее изученной в геологическом отношении является северо-восточная полоса. В последнее время начато изучение и юго-западной полосы в ее северной части (Льговский и Обоянский районы).

Работами ОКМА в районе Щигров и последними работами в пределах обеих полос установлено, что на территории, заключенной между крайним западным контуром северо-восточной полосы и крайним восточным контуром юго-западной полосы аномалии, имеют развитие породы гнейсового комплекса нижнего отдела протерозоя, а к востоку от западного контура северо-восточной полосы и к западу от восточного контура юго-западной полосы развиты породы сланцево-карбонатной свиты верхнего отдела.

В связи с этим структура докембрия всей территории Курской магнитной аномалии трактуется как громадный антиклинорий северо-западного простирания, западное и восточное крылья которого, отвечающие аномальным полосам, также тектонически осложнены и несут на себе сложные синклинальные и антиклинальные структуры вторых и более высоких порядков.

Характерно, что падение крыльев как главной, так и второстепенных структур, слагаемых докембрием КМА, везде крутое (не менее 60°).

Такую трактовку главной тектонической структуры КМА подтверждает и наблюдение над элементами залегания пород протерозоя, участвующих в сложении северо-восточной и юго-западной аномальных полос.

Так, в пределах основной ветви северо-восточной полосы КМА (по линии Щигры — Тим — Осколец) породы падают на северо-восток, а в пределах основной ветви юго-западной полосы — на юго-запад.

Рассмотрение всей основной структуры протерозоя территории КМА как крупного антиклинория подтверждается наличием дополнительных структур высших порядков как непосредственно в пределах разбуренных частей полос, а также, по всей вероятности, и между ними. О возможности наличия антиклинальных и синклинальных структур в зоне развития ядерной части антиклинория (район между главными аномальными полосами) может свидетельствовать появление на этой территории обрывочных аномалий, существование которых может вызываться пластами железистых кварцитов, слагающими сохранившиеся от размыва корневые части глубоких синклинальных складок.

Характер тектонического строения протерозоя в пределах даже какой-либо одной аномальной полосы далеко не одинаков. Так, например, на протяжении северо-восточной полосы аномалии имеют место значительные ее участки с моноклинальным и выдержанным на большом протяжении падением крыльев, и наряду с ними существуют участки, где породы протерозоя интенсивно дислоцированы на значительных площадях. Такие участки получили наименование «узлов аномалии».

К наиболее крупным узлам можно отнести такие, как Старооскольский и Михайловский.

Изложенная общая схема структуры докембрия Курской магнитной аномалии далека от истины, содержит много элементов условности и не разработана в деталях из-за отсутствия буровых данных на обширных площадях. Да и не только отсутствие буровых данных тормозит познание основных структур КМА. Широкое проведение комплексных геофизиче-

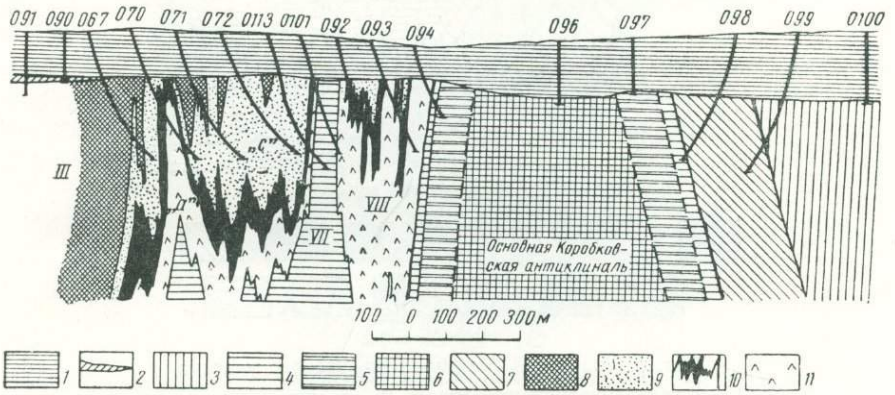
ских работ позволило бы с большей долей объективности проводить геологическую интерпретацию.

Такие работы позволили хотя бы в первом приближении выяснить характер разрывных структур, возможное наличие блоковых поднятий и опусканий, о существовании которых в настоящее время мы можем высказывать лишь предположения.

Незнание характера морфологии и пространственного положения разрывных структур дает возможность рисовать схему строения докембрия КМА весьма спокойной, не отражающей исключительно сложной и богатой геологическими событиями истории докембрийского фундамента центра Русской платформы.

Как указывалось выше, наиболее изучена северо-восточная полоса, в пределах которой, особенно за послевоенные годы, проведены большие геологоразведочные работы, в значительной мере уточнившие как структуру, так и данные о вещественном составе протерозоя.

Краткую характеристику тектоники КМА мы приводим отдельно по каждой полосе, начав с наиболее изученной северо-восточной полосы. Для большей убедительности мы коснемся более детально некоторых отдельных характерных участков (фиг. 1 и 2).



Фиг. 1. Разрез по XI разведочной линии Северо-Коробковского участка КМА (по А. А. Прозоровскому и Н. А. Плаксенко)

1 — осадочные породы; 2 — руда осадочная; 3 — сланцы верхнего отдела Prz (с); 4 — сланцы нижнего отдела; 5 — кварциты типичные, безрудные нижнего отдела; 6 — гнейсы двуслюдяные конгломератовидные нижнего отдела; 7 — железистые кварциты, не расчлененные; 8 — горизонт куммингтонито-магнетитовых кварцитов; 9 — горизонт магнетитовых кварцитов; 10 — горизонт железнослюдковых магнетитовых кварцитов; 11 — горизонт магнетитовых кварцитов; III, «а» — наименование складок

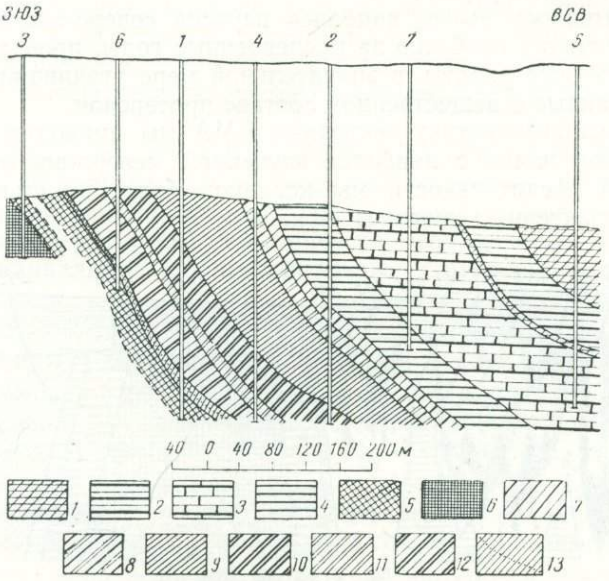
Еще А. Д. Архангельский, изучая материалы щигровского разреза, пришел к выводу, что в районе Щигров «свита докембрийских пород слагает северо-восточное крыло огромной синклинальной складки, ось которой проходит где-то к северо-востоку от оси магнитной аномалии».

Данные последующих геологоразведочных работ подтвердили отнесение северной половины северо-восточной полосы к разряду синклинория, однако отнесение щигровского разреза в трудах ОКМА к северо-восточному крылу синклинория является досадным недоразумением. В действительности щигровский разрез структурно приурочен к юго-западному крылу синклинория.

Хотя приуроченность магнитных и гравитационных аномалий только к железистым кварцитам среднего отдела несколько облегчает осуществление структурных построений, тем не менее такие построения для тер-

риторий Курской магнитной аномалии, еще не разбуренных скважинами, почти невозможны.

Работы последних лет, осуществленные главным образом Курской железорудной экспедицией, укрепили и расширили общее представление о том, что «в северо-восточной части КМА в районе Щигры — Огибное — Волоконовка — Безлепкино породы протерозоя слагают весьма сложную крупную синклинальную складку («синклинорий»), разделенную в районе Осколец — Коробково — Стойло поперечным антиклинальным перегибом на две части... К этому поперечному перегибу и приурочен Старооскольский узел аномалий».



Фиг. 2. Разрез по I линии Щигровского участка

1 — кристаллический известняк; 2 — то же с прослоями биотитовых сланцев; 3 — известняковые биотитовые сланцы с прослоями известняков; 4 — биотитовые сланцы; 5 — двуслюдяные и хлоритовые сланцы; 6 — те же сланцы, чередующиеся с гнейсами; 7 — железистые кварциты 1-й горизонт; 8 — то же, 2-й горизонт; 9 — то же, 3-й горизонт; 10 — то же, 4-й горизонт; 11 — то же, 5-й горизонт; 12 — то же, 6-й горизонт; 13 — то же, 7-й горизонт

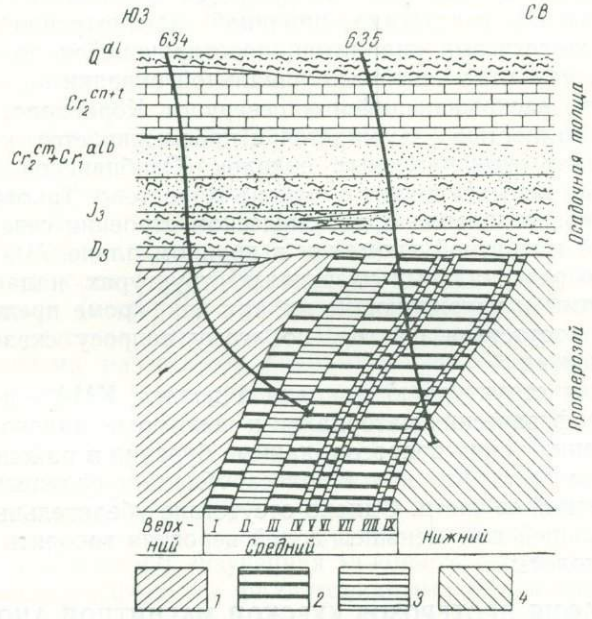
Так, структурные скважины Ястребовского участка, расположенные на северо-восточном крыле синклинория, вскрыли породы верхнего отдела к западу от выхода толщи железистых кварцитов, причем породы здесь моноклинально падают к юго-западу под углом 65°. Примерно такое же строение имеет место и южнее, в районе с. Стойло.

На Осколецком и Тимском участках, приуроченных к юго-западному крылу синклинория и расположенных на протяжении Щигровской полосы аномалии, скважинами, заложенными восточнее выхода толщи железистых кварцитов, встречены кристаллические известняки верхнего отдела, подобные щигровским. Эти факты окончательно утвердили представление о сложном синклинальном строении северной части северо-восточной полосы КМА. Это синклинальное строение, как уже отмечалось выше, не является простым. Общая синклинальная структура северо-восточной полосы КМА в южной части сильно осложнена дополнительными структурами.

Данные последних лет показали, что даже ранее считавшиеся простыми, в смысле геологического строения протерозоя, участки КМА представляют сложные складчатые системы (например, Салтыковский участок).

В последнее время выводы И. А. Русиновича об основных складчатых структурах Старооскольского узла аномалии получили некоторое изменение в свете новых данных.

С учетом этих последних данных в настоящее время выделяются (по А. А. Прозоровскому) следующие основные структуры в пределах Старооскольского узла аномалии, развивающиеся на фоне главного синклинория: 1) Западный антиклинал; 2) Восточный антиклинал; 3) Коробковская основная антиклиналь; 4) Салтыковская синклиналь; 5) Огибнянская синклиналь; 6) Крамская антиклиналь; 7) Стойленско-Лукьяновская мульда; 8) Западно-Салтыковский антиклинал (назван нами. — *Н. П.*).



Фиг. 3. Геологический разрез по структурным скважинам Ястребовского участка

1 — сланцы верхнего отдела; 2 — железистые кварциты (средний отдел); 3 — сланцы (средний отдел); 4 — породы нижнего отдела.

Отдельные ветви железистых кварцитов севернее Крамской антиклинали рассматриваются А. А. Прозоровским как усложнение северного крыла Крамской антиклинали.

Перечисленные структуры являются также сложными, несущими на себе значительные усложнения высших порядков. Так, например, в пределах Коробковского участка, приуроченного к северному крутопадающему и осложненному крылу Западного антиклинала, нами выделяется около десяти антиклинальных и синклинальных складок, сильно сжатых, с крутым падением крыльев и осевых плоскостей, а также преобладающим погружением осей в северо-западном направлении. И эти складки, в свою очередь, усложнены вплоть до микроскладчатости и плойчатости (фиг. 3).

Несколько менее сложным является складчатый комплекс Салтыковского участка. Но и здесь, вопреки прежним представлениям И. А. Русиновича, теперь установлено, что железистые кварциты слагают ядро крупной синклинальной складки, на фоне которой выделяются три дополнительные крупные, сильно сжатые синклинали, разделенные антиклинальными складками. Здесь так же, как и на Коробковском участке, имеют место поперечные антиклинальные и синклинальные перегибы всего складчатого комплекса.

До недавнего времени считалось, что к западу от полосы железистых кварцитов Салтыковского участка располагаются породы верхнего отдела, и структура их относилась к синклинальной. В последние годы западнее Салтыковского участка, вблизи с. Оскольца, были встречены скважиной породы подстилающей свиты. Поэтому и в связи с характером структуры Салтыковского участка теперь установлено, что западнее салтыковской полосы расположена крупная антиклиналь северо-западного простирания, ось которой погружается в этом же направлении. Такое представление послужило причиной рассмотрения в последнее время полосы железистых кварцитов, простирающейся по линии Осколец — Огибное, как ядра узкой синклинальной складки.

Синклинорий, раскрывающийся к северу от Коробково, южнее этой линии почти полностью замыкается и прослеживается к югу только в виде двух узких синклинальных складок (Огибнянской и Салтыковской), полностью замыкающихся в районе Коростово. Таково в основном схематическое представление о тектоническом строении северо-восточной полосы Курской магнитной аномалии в крупном плане. Мы не касаемся здесь вопроса о региональных разрывных структурах, налагающихся на складчатые формы и усложняющие их, так как, кроме предположений и догадок, из-за отсутствия фактов, по этому вопросу сказать что-либо определенное нельзя.

Тектоническая структура юго-западной полосы КМА еще менее изучена. Анализ геофизических материалов и некоторые, далеко не достаточные для выяснения таких вопросов, данные бурения в районе Льгова позволяют предположить, что и эта полоса обладает сложным строением, особенно в северной ее части. Однако отсутствие убедительных данных не позволяет с большей или меньшей долей вероятия говорить о характере структур этой полосы.

СТРАТИГРАФИЯ ПРОТЕРОЗОЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Как уже отмечалось выше, впервые данные о стратиграфии докембрия КМА были получены при изучении щигровского разреза. Эти данные легли в основу стратиграфических построений в других районах КМА и долго служили отправными при изучении других участков.

Скважинами, заложенными в районе Щигров, были вскрыты как железистые кварциты, вызывающие магнитную аномалию, так и покрывающие и подстилающие их породы.

Это позволило А. Д. Архангельскому и И. И. Корбуш разделить породы протерозоя на три «отдела».

1. Нижний отдел. Породы, подстилающие железистые кварциты, представлены двуслюдяными, хлорито-слюдяными и кварцево-слюдяными сланцами, переслаивающимися с «двуслюдяными гнейсами», среди которых встречаются породы «гранито-гнейсового типа». Изученная мощность этого отдела около 90 м. В верхней части толщи, тяготеющей к контакту со средним отделом, прослои гнейсов среди сланцев исчезают, но появляются прослои кварцита. Встречаются в нижнем отделе Щигров также сланцы со значительным содержанием турмалина и граната.

Скважиной № 10, пробуренной севернее главного разреза, была встречена порода, «местами по структуре сильно напоминающая гранит».

2. Средний отдел сложен полностью железистыми кварцитами. Толща железистых кварцитов, изучавшаяся А. Д. Архангельским и В. И. Лучицким, разделялась ими по минералогическому составу и содержанию железа (общего и растворимого) на семь горизонтов, мощность которых изменяется от 12 до 80 м. Общая мощность среднего отдела около 220 м.

Сделанная нами попытка отыскания существенных минералого-петрографических признаков этих горизонтов по их описанию в трудах ОККМА показала, что эта задача представляет собой значительную трудность ввиду нечеткости охарактеризованных в этих трудах опознавательских признаков выделенных горизонтов. Об этом же писали и сами исследователи протерозоя Щигровского участка. Так, В. И. Лучицкий указывает, что «...среди этих кварцитов нет возможности подметить таких определенных типов, которые характеризовали бы отдельный определенный горизонт» (Труды ОККМА, вып. 7).

В последнее время нами предпринимается попытка пересмотра указанной схемы расчленения толщи кварцитов Щигровского участка на основе разработанных методов и принципов корреляции. Работа эта еще далеко не закончена, но даже при беглом анализе щигровского разреза совершенно четко выступают черты строения его среднего отдела, сходные с таковыми других участков Курской магнитной аномалии и укладывающиеся в схему литолого-стратиграфического расчленения среднего отдела, разработанную нами для Коробковского и Салтыковского участков. Эти черты следующие. Первый (нижний) горизонт кварцитовой толщи и седьмой (верхний) горизонт как на Коробковском, так и на Салтыковском участках (хотя на последнем верхний смыт) представлены роговообманковыми разностями кварцитов, не содержащими гематита. Самый мощный третий горизонт (он скорее всего занимает центральную часть толщи), как и на указанных участках, содержит наибольшее количество гематита. Переходные между этими тремя горизонтами участки толщи отличаются малым содержанием или полным отсутствием гематита и амфиболов. Об этих чертах сходства мы еще будем говорить при характеристике схемы стратиграфии других участков.

3. Верхний отдел (изученная мощность около 260 м) представлен внизу тонкочешуйчатыми филлитовидными биотитовыми сланцами, сменяющимися выше актинолитовыми, биотитовыми и карбонатными сланцами, переслаивающимися с кристаллическими известняками. Самые верхи изученной части кроющих пород сложены кристаллическими известняками. Заметим, что сходные черты имеются и между составом и строением вмещающих толщ Щигровского района и других участков Курской магнитной аномалии.

Как уже отмечалось выше, данные о строении этого разреза легли в основу представления об однопластовом строении отдела протерозоя на всей территории КМА.

Новые работы по изучению строения протерозоя КМА вообще и его среднего отдела в особенности с целью расшифровки его стратиграфии были начаты в 1948 г. и продолжаются в настоящее время.

Нами приняты следующие принципиальные положения, которыми руководствуются при стратиграфических исследованиях.

1. Полной аналогии в строении и составе протерозойских пород на всей территории КМА быть не может. Причинами этого могут являться: наличие фациальных изменений первичного осадка как по простиранию, так и по падению пород, различный характер условий, факторов и степе-

ни регионального метаморфизма в различных, особенно значительно удаленных друг от друга районах, что может проявляться как в результате действительного изменения этих условий для горизонтов, одинаково глубоких, не вскрытых эрозией, так и при обнажении различных глубин горизонтов, которые вскрываются в результате различной степени эрозии докембрийских пород. Помимо этого, нельзя не принимать во внимание бесспорного влияния интрузий, существующих в полосе курских магнитных аномалий, различный характер которых и степень воздействия на породы могли налагать совершенно своеобразный отпечаток на минералогический состав.

Из указанных факторов, влияющих на характер конечных пород, главным мы считаем первичный характер породы, ее литологический состав. Мы считаем, что одним из основных моментов, определяющих характер горной породы, претерпевшей региональный метаморфизм, являются в большинстве случаев фациальные особенности и ее первичный литологический состав, основные черты которого могут быть распознаны и в метаморфизованной породе.

В свете изложенного выше, работа по стратиграфическому расчленению КМА, и в особенности толщи железистых кварцитов, была начата нами с выделения таких признаков горных пород, которые отражали бы первичный характер осадка и могли быть распознаваемыми при наложении на них более поздних процессов минералообразования. О них речь будет ниже.

Следствием фациальных изменений первичного осадка может быть смена литологического состава отдельных горизонтов вплоть до перехода железистых кварцитов в безрудные кварциты или сланцы, а также выклинивание и полное выпадение из стратиграфической колонки отдельных горизонтов как железистых, так и сланцевых.

2. Совместное нахождение магнетита и гематита (железной слюдки) в составе некоторых типов железистых кварцитов есть отражение характера первичного осадка и условий осаждения отдельных его частей. Эти условия определили существенные физико-химические и структурные различия между первичным рудным материалом отдельных прослойков (текстурных единиц) кварцита, сохранившиеся и углубившиеся затем на протяжении всей последующей эволюции осадка в стадию диагенеза и метаморфизма и, наконец, дошедшие до нас в виде факта совместного нахождения в железистых кварцитах таких различных по характеру кислородных соединений железа минералов, как магнетит и гематит.

Мы не считаем гематит более молодым новообразованием в железистых кварцитах, связанным с предварительным перемещением железа в толще кварцитов и отложением его в стадию регрессивного метаморфизма, как это считается некоторыми геологами.

Мы считаем гематит, его главную породообразующую массу (а не редкие гидротермальные образования) производным первичного осадка, седиментация которого происходила одновременно с отложением железистого вещества будущего магнетита.

Признание нами этого положения послужило в дальнейшем основанием для рассмотрения горизонтов гематито-магнетитовых кварцитов в толще среднего отдела в качестве отдельных литолого-стратиграфических горизонтов. Мы не можем здесь остановиться на детальном изложении фактических данных о взаимоотношениях минералов железа в кварцитах, так как это является особой темой.

3. Магнезиально-железистые амфиболы, являясь продуктами двух процессов — метаморфизма и метасоматоза, при более широком развитии первого, не могли возникать в любых минералогических типах кварцитов

при повышении степени метаморфизма, а только в некоторых из них. Наиболее возможными кварцитами, родоначальными, например, для куммингтонито-магнетитовых кварцитов, могли быть или доломитсодержащие магнетитовые кварциты, или биотитсодержащие магнетитовые кварциты, или, наконец, тальксодержащие магнетитовые кварциты, как это принимается различными геологами. Во всех этих случаях считается, что магний для образования куммингтонита извлекается или из доломита, или из магнезиального биотита, или из талька, т. е. из составных частей самой породы. Магний только переходит в подвижное состояние, но не привносится откуда-то из глубин магматических очагов, хотя незначительный привнос магния, вероятно, все же может иметь место. А раз куммингтонитовые кварциты могли образоваться только из определенных первичных типов кварцитов, занимавших определенное стратиграфическое положение в толще, то и их производные куммингтонито-магнетитовые кварциты могут иметь, безусловно, определенную стратиграфическую приуроченность, что и наблюдается в действительности.

Так как все же в толще железистых кварцитов есть две разновидности куммингтонита, имеющие различный генезис (одна — метаморфический, другая — метасоматический), то одной из очередных задач сегодняшнего дня является выяснение отличительных признаков между куммингтонитом метаморфического происхождения и куммингтонитом метасоматическим.

4. При работах по стратиграфическому расчленению толщи железистых кварцитов не должны приниматься во внимание и совершенно отбрасываются результаты процессов щелочного метасоматоза, сопровождающиеся наложенной минерализацией кварцитов, затушевывающей первичный характер породы и выраженной в появлении щелочноамфиболовых и эгиринсодержащих разновидностей кварцитов. Таким образом, для целей стратиграфического расчленения толщи железистых кварцитов эти два минерала нами в расчет не принимаются, и железистые кварциты, содержащие их, в своем составе объединяются в одну группу с кварцитами, аналогичными им по характеру рудных и других минералов, но лишенными щелочных амфиболов и пироксенов.

Правильность такого подхода к явлениям щелочного метасоматоза с позиций стратиграфии подтверждается еще и тем, что данные в отношении щелочного метасоматоза свидетельствуют о его широком развитии в толще среднего отдела как бы независимо от стратиграфического положения отдельных ее горизонтов. Ореолы проявления щелочного метасоматоза не обнаруживают приуроченности ни к определенным минералогическим типам кварцитов, ни к определенным их стратиграфическим горизонтам и, безусловно, не могут быть использованы как корреляционный признак.

5. Все минералогические типы железистых кварцитов объединяются нами в следующие три собирательные группы, включающие в себя близкие по составу минералогические типы железистых кварцитов. Каждая из этих собирательных групп представляет собой корреляционную единицу, используемую нами при расшифровке стратиграфии среднего отдела протерозоя.

Перечень и состав этих групп приведен в табл. 1.

6. Ввиду отсутствия между тремя отделами протерозоя явных стратиграфических несогласий, стратиграфическими границами среднего отдела условно принимаются нижняя и верхняя граница толщи железистых кварцитов.

7. Ввиду значительного сходства некоторых пород нижнего и верхнего отделов (сланцев) при стратиграфических построениях необходимо

учитывать характер тектонических структур, слагаемых породами протерозоя.

8. При изучении стратиграфии протерозоя вообще и его среднего отдела в особенности на территориях тектонических узлов необходимо учитывать наличие явлений межпластовых подвижек внутри толщи кварцитов, развитие явлений разлинзования, выжимания (вплоть до полных разрывов пластов) и срезания, имеющих местами широкое развитие.

Таблица 1

Корреляционные группы железистых кварцитов	Минералогические типы кварцитов, входящие в состав групп
Магнетитовые	Карбонато-магнетитовый, щелочно-амфиболово-магнетитовый, щелочноамфиболово-магнетитовый с эгирином, очень редко тремолито-магнетитовый
Железнослюдково-магнетитовые	Железнослюдково-магнетитовый, щелочноамфиболово-железнослюдково-магнетитовый, щелочноамфиболово - железнослюдково - магнетитовый с эгирином, магнетито-железнослюдковый, щелочноамфиболо - магнетито - железнослюдковый
Куммингтонито-магнетитовые	Куммингтонито-магнетитовый, редко тремолито-магнетитовый с куммингтонитом или просто тремолито-магнетитовый

9. Для правильного понимания стратиграфии как вмещающих пород, так и толщи железистых кварцитов необходимо учитывать факт наличия локальных тектонических несогласий толщи железистых кварцитов со вмещающими породами. В зоне этих несогласий нередко наблюдаются срезания целых пачек железистых кварцитов, результатом чего может являться примыкание различных литолого-стратиграфических горизонтов кварцитов к одному и тому же стратиграфическому горизонту вмещающих пород.

10. Геохимический метод корреляции не дает ощутимых результатов при корреляции пород протерозоя и особенно железистых кварцитов. Дело в том, что спектральные исследования различных минералогических типов железистых кварцитов показали почти полное отсутствие в них редких элементов и тем более отсутствие какой-либо закономерности в их распределении в толще среднего отдела.

Таковы главные принципиальные установки, с позиций которых мы подходим к работам по стратиграфическому расчленению докембрия КМА.

Прежде чем перейти к краткой характеристике стратиграфии протерозоя КМА по отдельным участкам, необходимо еще раз подчеркнуть, что изложенное выше трехчленное деление протерозойских пород является в значительной степени условным, хотя и устойчивым. В основу этого деления положены главным образом литологические и минералого-петрографические признаки пород с учетом их взаимного положения и характера слагаемых ими структур. Отсутствие же установленных контактов между отделами, сопровождаемых стратиграфическими несогласиями

и базальными конгломератами в пределах многих участков Курской магнитной аномалии, подобно тому, как это имеет место в Кривом Роге, не дает возможности сделать вывод о более строгом расчленении докембрийских пород на всей территории бассейна КМА. Поэтому не исключена возможность, что часть кристаллических сланцев в пределах отдельных участков КМА, прилегающих к толще железистых кварцитов как сверху, так и снизу и относимых к нижнему или верхнему отделам, может принадлежать к краевым фациальным разновидностям пород среднего отдела.

Тем не менее произведенное расчленение докембрийских пород, хотя и базирующееся главным образом на литологических и отчасти на других более достоверных признаках, выдерживается на многих участках КМА, что во многих случаях значительно облегчает сопоставление и увязку геологических разрезов, расположенных в различных районах.

Широким обобщениям и сопоставлениям в области стратиграфии всей территории КМА в настоящее время сильно препятствует далеко не одинаковая разведанность отдельных ее участков и сосредоточение буровых работ в небольшом числе мест и на малых площадях.

Большую помощь при решении многих подобных региональных вопросов оказало бы разбуривание региональных профилей вкрест аномальных полос и бурение глубоких скважин в пределах разведуемых участков, рекомендации о целесообразности и необходимости которых нами были представлены Министерству геологии еще в 1952 г.

Краткую стратиграфическую характеристику докембрия на отдельных участках КМА целесообразно начать с более изученных участков.

Коробковский участок

В пределах Коробковского участка комплекс метаморфических пород докембрия отличается исключительной сложностью тектонического строения (фиг. 1, 2, 3).

Коробковский участок приурочен к району сложного замыкания Западного антиклинала на севере в результате погружения его оси в северо-западном направлении.

Несмотря на интенсивную дислоцированность пород представляется возможным дать следующую схему стратиграфии изученной их части.

Верхний отдел протерозоя развит в западной и северной части разведанного участка. Здесь он слагает западное, осложненное крыло крупной антиклинальной складки (основная Коробковская антиклиналь). Материал, полученный здесь, позволяет считать, что для Коробковского участка наиболее определенным корреляционным признаком пород, относимых к верхнему отделу протерозоя, является присутствие среди них (по крайней мере в низах верхнего отдела) толщи гранато-биотитовых сланцев с более или менее равномерным распределением мелких, а иногда и крупных кристаллов граната.

Далее мы увидим, что это находит себе аналогию и на других участках Курской магнитной аномалии. Здесь наблюдались лишь самые низы верхнего отдела, истинная пересеченная мощность которых составляет около 80 м.

Широко развитые в Щигровском районе кристаллические известняки и карбонатные сланцы на разведанной площади Коробковского участка не были встречены и, по всей вероятности, развиты севернее и северо-западнее этой площади.

Среди пород верхнего отдела выделяются следующие группы сланцев.

1. Группа гранато-биотитовых сланцев, слагающих основную массу пересеченной мощности верхнего отдела. В эту группу входят: собственно гранато-биотитовые сланцы, гранато-хлоритовые, куммингтонито-гранато-биотитовые и роговообманково-гранато-биотитовые сланцы. В стратиграфическом отношении эта группа сланцев занимает самое верхнее положение в известной нам части верхнего отдела.

2. Группа биотитовых сланцев занимает по распространенности второе место. Эта группа включает биотитовые, хлорито-биотитовые, серицитовые, роговообманково-биотитовые и биотитовые филлитовидные сланцы. Первые четыре типа сланцев слагают пласты и прослои в гранато-биотитовых сланцах первой группы. Биотитовый филлитовидный сланец слагает более или менее выдержанный в стратиграфическом отношении слой мощностью около 14 м, залегающий в основании верхнего отдела. Он местами исчезает по простиранию, что, видимо, связано с его срезанием или выдавливанием при тектонических подвижках и, кроме того, может быть частично связано с наложением дополнительной минерализации, изменившей его внешний облик.

3. Группа гранато-куммингтонитовых сланцев, не имеющая широкого развития. Стратиграфическая приуроченность их не выяснена.

4. Группа куммингтонитовых сланцев, развитая также незначительно. Стратиграфическая приуроченность их также не выяснена. Сюда входят биотито-куммингтонитовые, кварцево-куммингтонитовые и собственно роговообманковые сланцы.

Касаясь характера взаимоотношений сланцев верхнего отдела с толщей железистых кварцитов, необходимо указать о наличии между ними локальных тектонических несогласий, вызванных межпластовыми подвижками.

Так, например, наиболее показательный явно несогласный тектонический контакт между породами верхнего и среднего отделов зафиксирован в западном штреке горизонта +35 м шахты им. И. М. Губкина. Менее ясно выраженные, но бесспорные тектонические несогласия, фиксировались и по скважинам Северо-Коробковского участка. Кроме того, о наличии подвижек, происходивших местами на границе этих двух отделов, свидетельствует присутствие в пачках сланцев, тяготеющих к контакту со средним отделом, большого количества нешироких кварцевых прослоев, обычно разорванных и смещенных, что вызывает изменение первичной правильной слоистой текстуры сланцев. Последнее, вероятно, и связано с межпластовыми перемещениями по контакту верхнего и среднего отделов.

Таким образом, в пределах Коробковского участка изученная часть верхнего отдела представлена сверху гранато-биотитовыми сланцами с прослоями биотитовых, серицитовых и роговообманково-биотитовых сланцев, а снизу — горизонтом биотитовых филлитовидных сланцев. Положение куммингтонитовых сланцев неясно.

Средний отдел развит в центральной части участка. Сложен он почти исключительно железистыми кварцитами с ничтожным количеством заключенных в них прослоев сланцев.

На основании упоминавшихся ранее корреляционных групп железистых кварцитов произведенное нами расчленение продуктивной толщи железистых кварцитов среднего отдела Коробковского участка представлено в табл. 2.

Приведенные данные показывают, что для среднего отдела весьма характерна повторяемость минералогического комплекса от центра толщи в обе стороны — к нижнему и к верхнему отделам. Залегающий в центре железнослюдково-магнетитовый горизонт обрамлен с обеих

сторон двумя магнетитовыми и двумя куммингтонито-магнетитовыми горизонтами. При этом, толща среднего отдела и начинается и заканчивается куммингтонито-магнетитовыми кварцитами, хотя абсолютной аналогии между одноименными горизонтами может и не быть.

Такая правильная повторяемость может, по нашему мнению, являться отражением одного полного цикла седиментации, характеризовавшегося примерно сходными условиями отложения осадков в начале и в конце его.

Таблица 2

Отделы протерозоя	Горизонты	
	индексы	наименование горизонта по корреляционным группам пород
Верхний	$К_5Ж$	Куммингтонито-магнетитовый верхний
Средний	$К_4Ж$	Магнетитовый верхний
	$К_3Ж$	Железнослюдково-магнетитовый
	$К_2Ж$	Магнетитовый нижний
	$К_1Ж$	Куммингтонито-магнетитовый нижний
Нижний	—	—

Нижний ($К_1ж$) и верхний ($К_5ж$) горизонты представляют собой переходные звенья от алюмосиликатных пород нижнего и верхнего отделов через железисто-силикатные (указанные горизонты) к силикатно-кремнисто-железистым и кремнисто-железистым породам центральных горизонтов толщи. Резкого различия между одноименными в минералогическом отношении горизонтами железистых кварцитов не наблюдается, что также может свидетельствовать о весьма сходных условиях их седиментации.

Характерно также наличие в куммингтонито-магнетитовых кварцитах и верхнего и нижнего горизонтов небольшого прослоя слаборудных кварцитов в самом контакте с вмещающими породами.

Ввиду исключительно интенсивной дислоцированности железистых кварцитов на Коробковском участке, сопровождаемой раздувами и утонениями их пластов до полного выклинивания, не представляется возможным установить хотя бы приближенно истинную мощность выделенных горизонтов.

Касаясь в общих словах взаимоотношений среднего отдела с нижним и верхним отделами, укажем только, что они граничат в пределах многих участках КМА друг с другом без каких-либо стратиграфических несогласий и лишь на отдельных участках наблюдаются иногда локальные тектонические несогласия, сопровождаемые некоторым дроблением пород и вторичной минерализацией, а на Тимском участке летом 1953 г. нами в буровой скважине был обнаружен слой базальных конгломератов на границе между средним и верхним докембрием.

Нижний отдел слагает центральную часть основной Коробковской антиклинали. Буровыми скважинами наиболее полно, хотя далеко не достаточно, освещена верхняя часть известного здесь нижнего отдела, и совсем не достаточно его породы получили освещение в центральной части основной Коробковской антиклинали. В последнее время Курской железорудной экспедицией получены дополнительные данные по юго-

восточной части Коробковского участка, уточняющие и дополняющие предложенное нами ранее расчленение этих пород.

В пределах разбуренной части породы нижнего отдела на Коробковском участке могут быть разделены грубо на четыре зоны сверху вниз: 1) зону сланцев, переходящую местами в зону мигматитов; 2) зону типичных сливных кварцитов; 3) зону сланцев и амфиболитов внизу с микрогнейсами и, наконец, 4) зону конгломератовидных двуслюдистых и биотитовых гнейсов.

Верхняя зона сланцев нижнего отдела сложена различными, чаще слабо раскристаллизованными филлитовидными сланцами, среди которых наиболее распространены: биотитовые, серицитовые, талькобиотитовые, биотито-серицитовые тонко- и грубослоистые, местами с линзовидно-чешуйчатой текстурой сланцы. Несколько меньшим распространением пользуются биотитовые филлитовидные сланцы, и самым малым — турмалино-биотитовые, амфиболо-биотитовые и гранато-куммингтонитовые сланцы. Самые низы верхней сланцевой зоны нижнего отдела слагаются преимущественно существенно тальковыми сланцами.

Под сланцами залегают типичные неслоистые сливные, обычно белые, сероватые и розоватые сахаровидные кварциты (зона типичных кварцитов), среди которых иногда содержатся не четко выделяющиеся прослои серицито-кварцевых, иногда с плагиоклазом, сильно метаморфизованных песчаников, напоминающих аркозы Криворожья. Горизонт этих кварцитов стратиграфически выдержан и может служить маркирующим. Мощность его различна.

Характер смены верхней сланцевой зоны типичными кварцитами и типичных кварцитов сланцами нижней зоны неодинаков по простиранию. Иногда эта смена бывает резкой, но нередко наблюдаются и переслаивания этих пород, что особенно четко выдержано в пределах юго-восточной части Коробковского участка.

Еще ниже зона типичных кварцитов сменяется нижней зоной сланцев и амфиболитов. В верхней части этой зоны наблюдаются вначале прослои биотитовых, тальковых и амфиболовых сланцев в типичных кварцитах, затем они полностью сменяются сланцами с прослоями амфиболитов. Нижние горизонты этой сланцевой зоны сложены талькосодержащими сланцами, заключающими прослои микрогнейсов. Для нижней зоны сланцев в переходной к гнейсам части характерно присутствие кластических окатанных зерен кварца исключительно своеобразного голубоватого цвета. Мощность этой зоны меняется в пределах 20 м. Последовательность залегания типов сланцев этого горизонта не везде одинакова, что может быть отражением фациальных и метаморфических изменений пород и возможных явлений срезания по зонам подвижек.

В основании известной нам части нижнего отдела этого участка залегает мощная толща конгломератовидных двуслюдяных гнейсов (гнейсовая зона), слагающая центральную часть основной Коробковской антиклинали.

Из изложенного выше следует, что по имеющимся материалам строение нижнего отдела Коробковского участка представляется в следующем виде (снизу вверх): 1) конгломератовидные двуслюдяные гнейсы; 2) нижняя зона сланцев; 3) типичные безрудные кварциты и 4) верхняя зона сланцев.

На юге Коробковского участка верхняя зона сланцев вблизи интрузий гранитов участками иногда послойно мигматизирована и породы имеют характер мигматитов или гранитогнейсов.

Общая схема стратиграфии известных нам докембрийских пород Коробковского участка представлена в табл. 3.

Ввиду бесспорного наличия в пределах Коробковского участка межпластовых перемещений докембрийских пород в некоторых профилях указанная последовательность несколько нарушается в связи с выжиманием или срезанием некоторых горизонтов.

Таблица 3

Отделы	Горизонты и зоны	Породы, слагающие отдел	
Верхний	—	Гранато-биотитовые сланцы с прослоями биотитовых, серицитовых и рогово-обманково-биотитовых сланцев, куммингтонитовые сланцы (положение последних в разрезе неясно)	
		Биотитовые филлитовидные сланцы	
Средний	Горизонты:		
	$К_5ж$	Куммингтонито-магнетитовый верхний	
	$К_4ж$	Магнетитовый верхний	Железистые кварциты
	$К_3ж$	Железнослюдково-магнетитовый	
	$К_2ж$	Магнетитовый нижний	
	$К_1ж$	Куммингтонито-магнетитовый нижний	
Нижний	Зоны:		
	$Н_3с$	Филлитовидные биотитовые, серицито-биотитовые и тальксодержащие сланцы	
	$Н_2к$	Кварциты типичные сливные с прослоями тальковых, амфиболовых и серпентинсодержащих сланцев как внутри, так и по периферии	
	$Н_2с$	Биотитовые, амфиболовые, тальковые сланцы и реже амфиболиты	
	$Н_1г$	Гнейсы конгломератовидные двуслюдяные и биотитовые	

В пределах южной части Коробковского участка имеют место интрузии гранитов, прорывающие породы сланцевой зоны нижнего отдела и местами мигматизирующие эти породы. Кроме того, широкое развитие имеют дайки жильных пород разнообразного состава — от типичных керсантитов до пегматитов и слюдисто-карбонатных, видимо, метасоматических пород. Дайки секут все три отдела протерозоя. Их возрастные соотношения с гранитами не вполне еще выяснены.

Салтыковский участок

По последним данным, полученным Курской железорудной экспедицией, геологическое строение протерозоя Салтыковского участка представляется в следующем виде.

Железистые кварциты здесь слагают ядро синклинальной складки, усложненной дополнительной складчатостью.

Верхний отдел на Салтыковском участке в связи с глубоким эрозионным срезом протерозойских пород отсутствует.

Средний отдел представлен пластами железистых кварцитов и слюдяных сланцев, чередующихся между собой. Изучение среднего отдела протерозоя Салтыковского участка показало, что в толще среднего отдела наблюдаются в основном те же закономерности, что и на Короб-

ковском участке, но сохранились здесь от размыва только нижние три горизонта железистых кварцитов ($К_1ж$, $К_2ж$ и $К_3ж$); два верхних горизонта размыты.

Кроме кварцитов, в строении отдела принимают участие сланцы, мощность которых в большинстве случаев незначительная.

Нижний отдел по имеющимся данным в значительной степени отличается по своему строению от такового Коробковского участка. Это, по нашему мнению, объясняется не столько фактическим его различием, сколько недостаточностью разбуренности его пород и удалением этих пород от контакта с железистыми кварцитами.

По материалам, полученным Курской железорудной экспедицией в 1952—1953 гг., толщу железистых кварцитов с северо-востока подстилают парагнейсы и амфиболиты нижнего отдела, нередко мигматизированные и инъицированные послойными и секущими жилами мелкозернистого аплита, розового гранита и пегматита.

Гнейсы и амфиболиты Салтыковского участка работниками указанной экспедиции параллелизуются с гнейсами и амфиболитами юга и юго-востока Коробковского участка, т. е. с породами, подстилающими типичные сливные кварциты. По нашему мнению, это положение нуждается в дополнительной проверке и уточнении. Нам кажется, что с одинаковой долей вероятия указанные породы Салтыковского участка возможно параллелизовать с породами верхней сланцевой зоны Коробковского участка, но подвергнувшейся на Салтыковском участке интенсивной мигматизации и амфиболизации. Мигматизация этих пород наблюдается и на юге Коробковского участка. При таком допущении станет понятным отсутствие типичных кварцитов и конгломератовидных гнейсов на Салтыковском участке, имеющих, видимо, развитие восточнее разбуренной части нижнего отдела. Отсутствие биотитовых, серицито-биотитовых и тальковых сланцев на Салтыковском участке тогда тоже может быть объяснено их переработкой при мигматизации. Говорить же о тектоническом срезании нижних горизонтов нижнего отдела на этом участке не представляется возможным, так как контакт между средним и нижним отделами здесь явно согласный.

Ниже приводится принятая в Курской железорудной экспедиции стратиграфическая схема протерозоя Салтыковского участка (табл. 4).

Таблица 4

Отделы	Горизонты и зоны	Породы, слагающие отдел
Верхние горизонты среднего отдела смыты		
Средний	Горизонты:	
	$К_3ж$	Железнослюдково-магнетитовые кварциты
	$К_2ж$	Магнетитовые кварциты с прослоями магнетито-железнослюдковых кварцитов
	$К_1с$	Сланцы биотитовые филлитовидные, двуслюдистые и гранато-биотитовые кристаллические
	$К_1ж$	Магнетитовые кварциты со светлыми амфиболами
Нижний	Зоны:	
	$Н_3с$	Отсутствует
	$Н_2к$	»
	$Н_1г$	Гнейсы двуслюдяные с прослоями амфиболитов

С юго-запада к породам среднего отдела примыкает широкое поле гранитов. Сланцы среднего отдела, залегающие в контакте с гранитами, никаких существенных изменений не претерпели, за исключением некоторого осветления.

Ястребовский участок

Этот участок расположен в пределах северо-восточного крыла синклинория, моноклинально падающего на юго-запад под углом 65°.

Наиболее изученными здесь являются породы среднего отдела, породы значительной части верхнего отдела и менее всего изучены породы нижнего отдела.

Верхний отдел. Истинная мощность пересеченных здесь нижних горизонтов верхнего отдела составляет 87 м. Разбуренная часть верхнего отдела представлена здесь сланцами. Всю изученную толщу сланцев можно грубо разбить на четыре собирательных горизонта или группы, заключающие в себе сланцы с близкими признаками. Последовательность этих собирательных горизонтов сверху вниз такова.

1. Горизонт преимущественно углисто-глинистых и слюдяных тонкослоистых сланцев; мощность 28 м.

2. Горизонт гранато-биотитовых, часто с тальком, сланцев, с незначительным содержанием гранатов, неравномерным их распределением и малыми размерами кристаллов; мощность 8,5 м.

3. Горизонт гранато-ставролито-биотитовых, ставролито-тальково-биотитовых и ставролито-гранато-биотитовых, местами с тальком, сланцев; мощность 25,5 м.

4. Горизонт существенно гранато-биотитовых обычно грубослоистых сланцев с большим (до 30% массы породы) содержанием гранатов и крупными их кристаллами и агрегатами; мощность 25 м.

Каждый из этих собирательных горизонтов сложен переслаиванием сланцев, близких между собой по минералогическому составу.

Сравнивая породы верхнего отдела Ястребовского участка с таковыми щигровского разреза, мы не находим между ними существенных аналогичных признаков. Зато они имеют значительное сходство с породами верхнего отдела Старооскольского узла аномалии.

Средний отдел. Отличительной чертой среднего отдела Ястребовского участка является многопластовое строение, выражающееся в чередовании различных по мощности горизонтов сланцев и железистых кварцитов. Это позволило нам расчленить толщу среднего отдела на девять стратиграфических горизонтов, пять из которых сложены железистыми кварцитами (I, III, V, VII, IX) и четыре — разнообразными кристаллическими сланцами (II, IV, VI и VIII).

Суммарная мощность всех горизонтов железистых кварцитов составляет 97,5 м (от 7 до 36 м) и сланцев — 45,5 м (от 6 до 28 м). Таким образом, «пустые» породы составляют 31% мощности среднего отдела.

Большинство выделяемых стратиграфических горизонтов в зависимости от минералогического состава слагающих пород, текстуры и содержания железа (для горизонтов железистых кварцитов) разделяются на слои, количество которых в горизонтах изменяется от 2 до 10.

Среди горизонтов сланцев выделяются следующие минералогические разности: биотитовые, биотито-тальковые, гранато-биотитовые (иногда с тальком), кальцито-биотитовые, магнетито-тремолитовые и серицито-биотитовые.

Среди железистых кварцитов можно выделить следующие основные минералогические разности: магнетитовые, актинолито-магнетитовые (нередко с тремолитом), тремолито-магнетитовые (иногда с актиноли-

том), биотитсодержащие, актинолито- и тремолито-магнетитовые и мусковито-железнослюдково-магнетитовые кварциты.

Из приведенного видно, что наибольшее развитие на Ястребковском участке имеют амфиболо-магнетитовые кварциты (90,2%) и лишь 4,2% представлено железнослюдково-магнетитовыми кварцитами и 5,4% безамфибольными магнетитовыми.

Кварциты, рудным минералом которых является исключительно магнетит, составляют 95% всей их мощности. Приводим мощности отдельных горизонтов в метрах (сверху вниз):

1. Железистый	20,0	6. Сланцевый	5,0
2. Сланцевый	28,0	7. Железистый	36,0
3. Железистый	25,0	8. Сланцевый	6,5
4. Сланцевый	6,0	9. Железистый	7,0
5. Железистый	9,5		

Нижний отдел в пределах пересеченной мощности разделяется на два горизонта. Верхний горизонт, примыкающий к железистым кварцитам, образован биотитовыми, местами эпидото-биотитовыми тонкослоистыми сланцами с большим содержанием кварца; мощностью 8,5 м. Нижний горизонт образован парагнейсами роговообманково-биотитовыми с эпидотом. Малая пересеченная мощность указанных пород не дает материала для сопоставления строения нижнего отдела этого участка с другими.

Так выглядит строение протерозоя Курской магнитной аномалии в пределах наиболее полно изученных участков.

На характеристике протерозоя других участков КМА, где разведочные работы ведутся в настоящее время и нет еще достаточно полного материала, остановимся менее подробно.

Осколецкий участок

Расположен этот участок на западном крыле Огибнянской синклинали. Представление о моноклинальном строении этого крыла в последнее время изменилось, и структура протерозоя (среднего отдела) в первом приближении представляется состоящей из ряда изоклинальных складок, вытянутых почти в меридиональном направлении. Падение общей структуры восточное — до 85° на севере и до 45° в южной части.

Верхний отдел. В нижней части представлен филлитовидными сланцами, за толщей которых одной скважиной встречены кристаллические известняки, аналогичные щигровским.

Средний отдел образован железистыми кварцитами, у восточного контакта слагаемой ими толщи содержащими значительное количество сланцевых прослоев. Западный контакт кварцитовой толщи сложен безрудными и слаборудными кварцитами, содержащими амфиболы. Здесь также имеются незначительные прослои кристаллических сланцев.

В строении толщи железистых кварцитов наблюдаются некоторые закономерности, сходные с другими участками. Так, центральная ее часть сложена преимущественно железнослюдково-магнетитовыми кварцитами, количество железной слюдки в которых в обе стороны от центральной части убывает и кварциты сменяются магнетитовыми; в самых периферийных частях пачек магнетитовых кварцитов появляется большое количество куммингтонита.

Нижний отдел представлен главным образом серицито-биотитовыми сланцами, содержащими в нижней части прослои микрогнейсов, а затем переходящие в них. Имеют место также и безрудные типичные

кварциты, положение которых в пределах всего участка еще определенно не установлено.

Характерной чертой пород нижнего отдела этого участка является наличие в них окатанных зерен голубого кварца, встречающегося в подстилающих породах протерозоя других участков.

Лебединский участок

В структурном отношении протерозой этого участка представляет собой ряд сдавленных складок с крутым падением крыльев и осевых плоскостей преимущественно на юго-запад под углом 85—87°.

Породы верхнего отдела здесь отсутствуют.

Из подстилающих пород нижнего отдела широко развиты типичные безрудные кварциты, отделяющиеся (не везде) от среднего отдела сланцами и переходящие к низу через переслаивание со сланцами в конгломератовидные гнейсы.

Толща железистых кварцитов сильно смята. В этой толще имеют широкое развитие железнослюдковые разности кварцитов, а также амфиболово-магнетитовые. Широкое развитие имеют здесь явления щелочного метасоматоза.

Характер расчленения толщи кварцитов еще не ясен ввиду неполноты и необработанности данных, однако характерно, что и здесь намечается центральное положение гематитсодержащих кварцитов.

Стойленский участок

Геологическое строение этого участка напоминает строение протерозоя Ястребовского участка, расположенного на этой же ветви аномалии. Здесь также имеет место многопластовое строение среднего отдела, однако количество горизонтов значительно меньше. В среднем отделе здесь предварительно выделяется три горизонта железистых кварцитов (мощностью от 15 до 48 м), переслаивающиеся с мощными пачками биотито-амфиболовых сланцев с обильным включением гранатов (мощностью от 36 до 48 м). Железистые кварциты представлены преимущественно амфиболсодержащими (тремолит, куммингтонит) магнетитовыми разностями.

Породы нижнего отдела представлены полосчатыми биотитовыми гнейсами с прослоями безрудного кварцита.

Породы верхнего отдела пока не подсечены.

Хотя полностью строение протерозоя этого участка еще и не выяснено, однако характер его является убедительным подтверждением наличия в протерозое КМА фациальных изменений осадков по простиранию.

Тимской участок

Участок расположен в пределах юго-западного крыла синклинория. Структурным профилем на этом участке получен сплошной разрез среднего отдела. Ширина выхода кварцитов под осадочную толщу составляет 300 м. Породы падают на северо-восток (кварциты под углом 65—67°, а сланцы под углом 80—85°).

Сланцы, прилегающие к кварцитам с северо-восточной стороны, относятся к верхнему отделу, а с юго-западной — к нижнему.

Расчленение железистых кварцитов среднего отдела здесь еще не сделано, вследствие того что кварциты этого участка на большую глубину мартитизированы.

Сланцы обоих отделов представлены главным образом биотито-хлоритовыми разностями с присутствием серицита в подстилающих сланцах. В верхнем отделе встречены кристаллические известняки.

В толще среднего отдела этого участка был встречен небольшой пласт мартитовой руды, согласно залегающей с кварцитами и переслаивающейся с тонкими прослоями кварцита. Руда это является бесспорно производной кварцитов и ее происхождение связано с гипергенными процессами.

На Роговском участке имеет место двухпластовое строение полосы кварцитов, разделенной сланцами. Материал для расшифровки структуры протерозоя этого участка еще не достаточен.

Льговский участок

(Михайловский и Осоцкий узлы аномалии)

Комплекс метаморфических пород здесь слабо разбурен и почти не изучен. Падение железистых кварцитов — 60—90°. Отмечается наличие различной степени интенсивности пликативных дислокаций.

Из пород верхнего отдела вскрыты серицитовые и кварцитово-серицито-углистые сланцы, развитые с западной стороны контура среднего отдела. С восточной стороны толщи железистых кварцитов вскрыты разрушенные породы, напоминающие аркозы Криворожья. Осоцкий узел еще менее изучен.

На Михайловском участке в толще среднего отдела встречены богатые мартитовые руды, уходящие на глубину до 100 м от поверхности протерозойских пород в виде языков.

Так выглядит строение докембрийских пород и характер степени их изученности в стратиграфическом отношении на всей территории курских магнитных аномалий.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРАТИГРАФИИ ДОКЕМБРИЯ КМА (ПО МАТЕРИАЛАМ ЛЕТНИХ РАБОТ 1953 г.)

В просмотре керна докембрийских пород района г. Тим нами были обнаружены геологические факты, имеющие исключительно важное значение для уточнения как стратиграфии, так и процессов тектонического формирования докембрийских структур Курской магнитной аномалии.

В результате работ Особой комиссии по изучению КМА (ОККМА) А. Д. Архангельский и И. И. Корбуш [4, 5] для района Щигров условно расчленили изученные там докембрийские породы на три отдела.

Нижний отдел (подстилающие породы) представлен слюдяными сланцами и гнейсами, часто конгломератовидными безрудными слюдяными и хлоритовыми кварцитами.

Средний отдел сложен в основном железистыми кварцитами часто с роговой обманкой.

Верхний отдел (кроющие породы) сложен кристаллическими известняками и чередованием биотитовых сланцев, известково-слюдяных сланцев, кристаллических известняков, биотитовых сланцев.

Основой этого деления явились литолого-петрографические признаки пород. Ввиду того что между указанными тремя отделами не было обнаружено явных стратиграфических границ (несогласий), границами среднего отдела принимаются нижняя и верхняя границы толщи железистых кварцитов.

Отсутствие конгломератов в районе Курской магнитной аномалии (под толщей железистых кварцитов), в отличие от Кривого Рога,

А. Д. Архангельский предположительно объяснял тем, что конгломераты Криворожья замещены в районе КМА нижними безрудными кварцитами, содержащими иногда гальки.

Так как в районе Щигров наблюдались, наряду с постепенными переходами, и довольно резкие границы между подстилающими породами и железистыми кварцитами, то В. И. Лучицкий наличие резкой границы связывает с наличием более или менее резкого перерыва в отложении пород обеих групп [5].

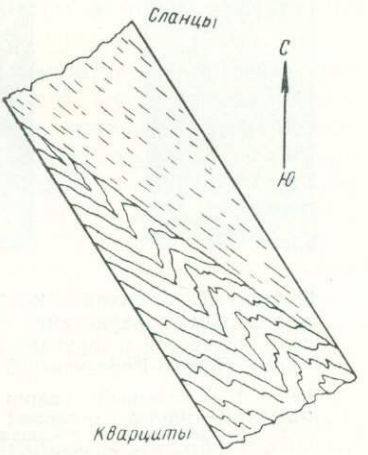
О характере границ между породами среднего и верхнего отделов авторы ничего не сообщали, принимая, видимо, что отложение этих пород происходило без какого-либо перерыва.

Все последующие исследователи других районов Курской магнитной аномалии вопросу стратиграфических взаимоотношений между тремя отделами уделяли мало внимания и считали, что железистые кварциты залегают согласно с подстилающими и кроющими породами.

В результате изучения докембрия Старооскольского и других районов КМА, проводившегося с 1948 г. до лета 1953 г., были тщательно изучены породы всех трех отделов, произведено стратиграфическое расчленение пород внутри всех трех отделов для ряда участков, с особой тщательностью изучены взаимоотношения между отделами. Собранные факты позволяли говорить о наличии между породами трех отделов: а) резких границ (наиболее часто); б) постепенных переходов (несколько реже); в) тектонических несогласий, сопровождаемых зонами дробления и вторичной гидротермальной минерализации. Такие несогласия чаще всего наблюдаются в местах так называемых тектонических узлов, характеризующихся интенсивным складкообразованием в железистых кварцитах (фиг. 1, 4, 5, 6, 7).

Базальных конгломератов или убедительных следов размыва и перерыва в отложении на границе отделов не было встречено.

Летом 1953 г. в докембрии района г. Тим автором были обнаружены базальные конгломераты слаборудных и безрудных кварцитов, залегающие непосредственно под слюдяными и углистыми сланцами верхнего отдела.



Фиг. 4. Тектонический контакт между железистыми кварцитами среднего отдела и сланцами верхнего отдела. В контакте прожилки кварца и пирита. Юго-западный штрек, горизонт +35 м. Шахта им. Губкина (кровля)

Указанные конгломераты в керне буровых скважин местными геологами были описаны как брекчированные безрудные сливные кварциты. Находка базальных конгломератов позволяет более определенно высказаться о стратиграфических взаимоотношениях докембрийских пород и об общем ходе тектонического формирования докембрийских структур территории Курской магнитной аномалии.

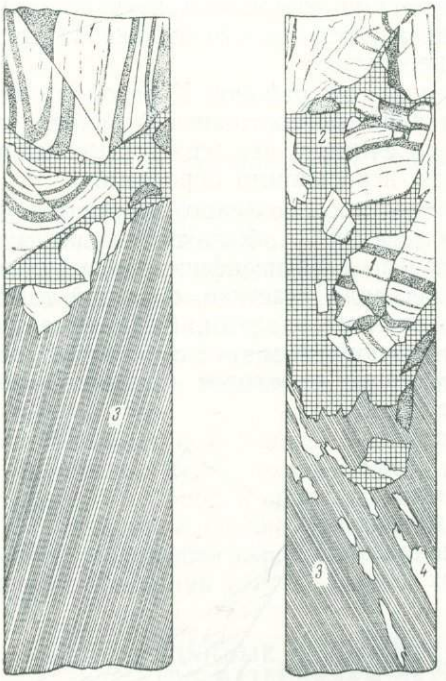
Докембрийские породы в районе г. Тим принимают участие в сложении западного крыла синклинория, падающего на северо-восток под углом в среднем около 70°. Строение докембрия здесь в пределах разбуренной его части по новым данным представляется в следующем виде.

Нижний отдел еще не вскрыт.

Средний отдел представлен двумя пластами железистых кварцитов преимущественно окисленных (состоящих из мартита и железного блеска) и разделенных пластом биотитовых филлитов. Верхи среднего отдела представлены красноватыми грубополосчатыми и неслоистыми сливными безрудными кварцитами.

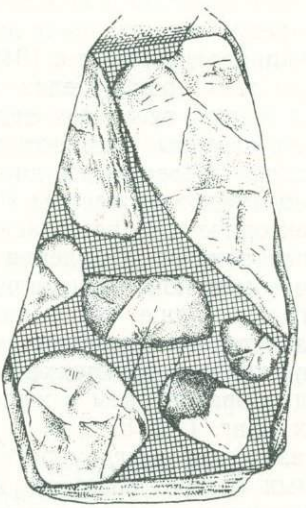
Кварциты Тимского района отличаются почти полным отсутствием силикатов и довольно слабым метаморфизмом.

Верхний отдел сложен базальными конгломератами сливных красноватых кварцитов (мощностью до 2 м). Залегают эти конгломераты согласно с подстилающими кварцитами. Вы-



Фиг. 5. Тектонический контакт между железистыми кварцитами среднего отдела протерозоя и сланцами нижнего отдела (Южно-Коробковский участок).

Керн: 1 — безрудный кварцит среднего отдела; 2 — пирит, 3 — сланец нижнего отдела; 4—разорванные кварцевые прослои в сланце



Фиг. 6. Конгломерат с галькой безрудных и слаборудных кварцитов. Натуральная величина (скв. № 710)

ше располагаются биотитовые филлиты, углистые сланцы, известково-слюдяные сланцы с прослоями кристаллических известняков, кристаллические и слюдистые известняки с прослоями биотитовых сланцев. Эти породы лежат на конгломератах с некоторым угловым несогласием. Характерно при этом, что конгломераты прослежены здесь несколькими скважинами по падению и простиранию. В некоторых местах они отсутствуют вместе с верхними частями кварцитовой толщи. Причины этого будут изложены ниже.

Характерные черты конгломерата состоят в следующем.

Галька, размером до 10—12 см, хорошей окатанности и полуокатанная. Имеются и угловато-сглаженные обломки. В составе галек—кварцит розоватый, безрудный, сливной, аналогичный кварцитам, слагающим верхи среднего отдела. Размер зерен кварца в среднем 0,03 мм. В кварците галек нередки участки с вкрапленностью желто-бурых, бурых и

красно-бурых гидроокислов железа. Иногда заметна слоистость, выраженная послойным чередованием зерен кварца с различными размерами. Кварцит разбит трещинами, нередко грубопараллельными, выполненными буро-красными гидроокислами железа, часто со смещениями по ним. Зерна кварца гранобластовые, вытянутые чаще в одном направлении.

Цемент двух видов. Первый базальный, кластический. Состоит из окатанных, грубо окатанных и угловатых полигональных зерен кварцита (аналогичного образующему гальки), заключенных в бурой основной массе, состоящей из гидроокислов железа. В основной массе встречаются и реликты лимонитизированных агрегатов мартита.

Зерна и обломки кварцита в цементе достигают в поперечнике 0,4 мм, размер зерен кварца в них в среднем 0,02 мм. В цементе встречаются также отдельные листочки серицита. В мелких обломках кварцита многочисленные трещины, смещения по ним; явления вдавленности материала цемента в края галек — свидетельство испытанных конгломератом поздних тектонических воздействий.

Второй вид цемента — однородный железисто-кварцевый, состоящий из микрозернистой кварцевой массы, местами пропитанной гидроокислами железа и заключенных в ней более крупных окатанных обломках кварцита и галек.

Состав галек конгломерата совершенно аналогичен составу безрудных кварцитов, слагающих самые верхи кварцитовой толщи, и их образование может быть связано только с размывом безрудных кварцитов, венчающих собой толщу среднего отдела.

Касаясь прежних представлений о ходе формирования докембрийских структур территории КМА, укажем, что И. А. Русиновичем [2] устанавливалось три фазы тектогенеза, в процессе которых были последовательно сформированы вначале крупные меридиональные структуры, затем крутопадающие структуры высших порядков и микроскладчатость кварцитов, затем так называемые килевидные микроскладки и разрывные структуры. Эта схема тектогенеза была отвергнута еще в 1948 г. и формирование всей складчатой структуры докембрия Курской магнитной аномалии представлялось нам возможным в одну фазу, в течение которой менялось направление движения масс, хотя убедительных фактов для такого толкования было очень мало. Новые данные полностью подтвердили нашу точку зрения.

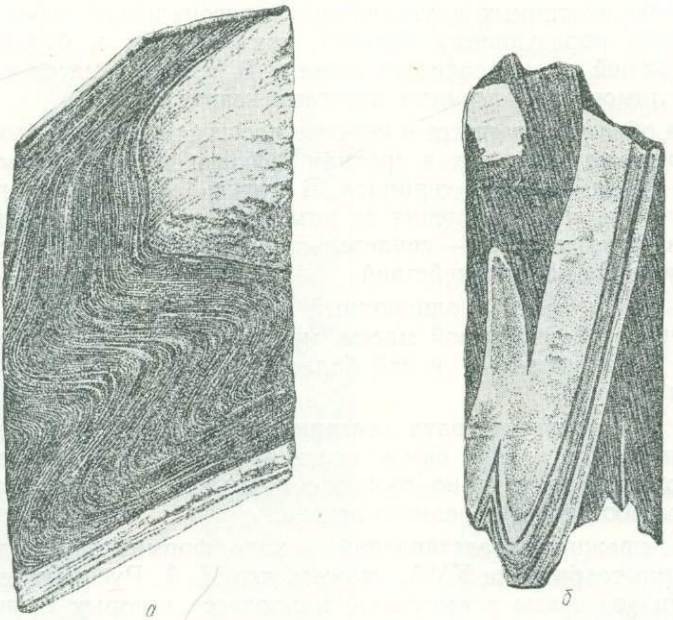
Исключительно важными для выяснения хода и последовательности формирования тектонических структур докембрия Курской магнитной аномалии являются следующие факты, наблюдавшиеся в районе г. Тим и некоторых других районах.

1) Угловое несогласие между элементами слоистости железистых кварцитов среднего отдела и пород верхнего отдела. Величина этого несогласия изменяется как от участка к участку, так и в пределах одного разреза. Несогласие это наблюдается не повсеместно. Наличие его связано с одной стороны, с возможным трансгрессивным налеганием пород верхнего отдела на не горизонтальную поверхность среднего отдела и, с другой — с имевшими место тектоническими подвижными по линии контакта этих двух отделов при складкообразовании, в виде различного отношения слагающих их пород к тектоническим напряжениям. Такого рода тектонические контакты нередко сопровождаются зонами брекчирования.

2) Микроскладчатость волочения в слюдистых известняках и карбонатных сланцах совершенно аналогична развитой в толще железистых кварцитов (фиг. 7, 8). До сих пор подобная микроскладчатость не обна-

ружилась ни в подстилающих, ни в кроющих породах, если не считать единичных спорадических находок.

3) Трещиноватость в базальных конгломератах, часто со смещениями, местами носящая характер кливажа и имеющая ориентировку, близкую к ориентировке трещин, развитых в кварцитах и сланцах.



Фиг. 7. Складчатость в известково-биотитовых сланцах (темное) верхнего отдела, хорошо подчеркнутая прослоями известняка (светлое): а — 0,8 нат. вел. (скв. № 712); б — 0,45 нат. вел. (скв. № 708)

4) Не повсеместное развитие базальных конгломератов на границе среднего и верхнего отделов не только в пределах всей территории Курской магнитной аномалии, но и по плоскости одного и того же крыла синклинория (по падению и простиранию).

ВЫВОДЫ

Наличие базальных конгломератов из галек железистых кварцитов под породами ранее условного верхнего отдела однозначно определяет стратиграфические границы между указанными двумя отделами и окончательно утверждает возрастные взаимоотношения между ними.

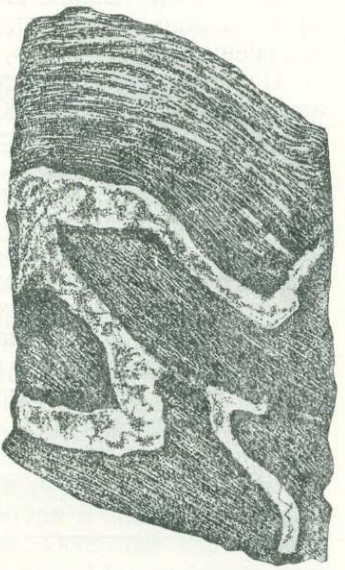
До отложения пород верхнего отдела почти горизонтальная или слабоволнистая поверхность только диагенетически измененных или слабо метаморфизованных пород нынешнего рудоносного среднего отдела подвергалась размыву, продуктом которого и являются охарактеризованные конгломераты. Степень размыва в различных частях территории Курской магнитной аномалии, по всей вероятности, была различной. Не исключена возможность, что в некоторых местах толща железистых кварцитов размыта полностью. На наличие таких мест с размытым средним отделом могут указывать разрывы аномальных полос и затухание аномалий по простиранию, хотя в равной мере причинами исчезновения железистых кварцитов в разрезе докембрия могут быть и фациальные изменения осадков. О том, что подвергавшаяся размыву поверхность среднего отдела

была близкой к горизонтальной и пласты пород не были нарушены, свидетельствует согласное со слоистостью кварцитов залегание пласта базальных конгломератов.

На спокойно залегающую и в различной степени размытую поверхность среднего отдела отлагались породы верхнего отдела согласно или возможно местами с ничтожным угловым несогласием. Нижним членом этих пород являются базальные конгломераты.

В последующем породы всех трех отделов одновременно (если не считать возрастных диагенетических изменений) претерпели складкообразование и региональный метаморфизм.

Согласное залегание базальных конгломератов на железистых кварцитах среднего отдела, участие их одновременно с железистыми кварцитами в образовании крупных складчатых структур, а также однообразие морфологических типов складок (хотя и неодинаково интенсивно развитых) в породах всех трех отделов свидетельствуют об общности напряжений, создавших складчатые структуры всех порядков, и о наличии в пределах докембрия Курской магнитной аномалии (в изученной его части) одной фазы складчатости (а не трех, как считал И. А. Русинович) и связанной с ней одной фазы прогрессивного регионального метаморфизма.



Фиг. 8. Кальцито-кварцевая жилка (светлая) в известково-биотитовых сланцах верхнего отдела, сложенная в складки

Ко второй тектонической фазе могут быть отнесены более поздние проявления разрывных нарушений с исключением надвиговых явлений, созвучных складкообразованию.

Отсутствие базальных конгломератов на границе между верхним и средним отделами докембрия в других районах Курской магнитной аномалии может быть объяснено следующими четырьмя причинами.

1) Не исключена возможность, что они в некоторых местах не опознаны и не зафиксированы при документации керна, как это имело место для района г. Тим, где конгломераты квалифицировались как брекчированные кварциты.

2) Местами они могли быть настолько сильно преобразованы процессами метаморфизма и метасоматоза, что утратили ярко выраженный обломочный характер и могли быть приняты за другие породы.

3) Местами они могли быть сорваны (срезаны) при складкообразовании. О возможности такого явления свидетельствуют наличия тектонических несогласий между верхним и средним отделами. Особенно характерен подобный факт, имеющий место в докембрии района г. Тим.

4) Наконец, конгломераты могут совершенно отсутствовать на поверхности тех частей толщи среднего отдела, которые не подвергались размыву, т. е. не выходили из-под уровня моря, и на которые породы верхнего отдела ложились согласно. В такого рода местах о наличии перерыва в отложении мы можем судить лишь по резкой смене характера пород соседних толщ.

При изучении стратиграфии докембрийских пород Курской магнитной аномалии необходимо иметь в виду следующее. Так как породы верхнего

отдела отлагались на почти горизонтальную поверхность пород среднего отдела, то при отсутствии базальных конгломератов может создаться впечатление ложного согласия и отсутствия перерыва в отложении пород указанных двух отделов. В подобного рода случаях следует обращать серьезное внимание на характер смены пород при переходе от одной толщи к другой, а также на наличие на поверхности пород среднего отдела (в контакте с кроющими породами) признаков денудации и воздействия агентов выветривания. Иными словами «...отсутствие такого конгломерата не должно обязательно истолковываться в пользу отсутствия перерыва отложения» [6].

Находка конгломератов железистых кварцитов под породами верхнего отдела докембрия КМА является новым существенным моментом в проведении аналогии в строении докембрия КМА, Кривого Рога и Кременчуга.

По данным Я. Н. Белевцева [1] и других геологов, в Криворожском бассейне на размытой поверхности кварцитов среднего отдела (горизонт K_2 $9_ж$) несогласно и с перерывом в отложении залегают породы верхнего отдела. Нижним членом верхнего отдела являются конгломераты с галькой железистых кварцитов и джеспилитов. В этом отношении и в этом новом факте (наряду с другими) проявляется созвучие геологической истории Курской магнитной аномалии и Кривого Рога.

На основании изложенного общая схема стратиграфии докембрия КМА сведена в табл. 5.

Таблица 5

Отделы	Характерные породы
Верхний	Пегматиты, жильные дериваты кислых, средних и реже основных пород. Граниты. Диориты
	Кристаллические известняки Известково-слюдяные, биотитовые, актинолитовые, карбонатные сланцы, переслаивающиеся с кристаллическими известняками Углистые, углисто-глинистые и углисто-биотитовые сланцы Гранато-биотитовые и гранато-ставролито-биотитовые сланцы Биотитовые филлитовидные сланцы Конгломераты с галькой железистых и безрудных кварцитов
	Перерыв. Возможно ничтожное угловое несогласие
Средний	Железистые (в верхней и нижней части нередко безрудные) кварциты, местами чередующиеся с пластами слюдяных и амфиболовых сланцев Строение толщи различное в удаленных участках
	Возможны перерыв и несогласие. Граница отделов пока еще условна
Нижний	Филлитовидные биотитовые, серицито-биотитовые и тальксодержащие сланцы Кварциты типичные сливные с прослоями тальковых, амфиболовых и серпентинсодержащих сланцев и микрогнейсов как внутри толщи, так и по периферии Биотитовые, амфиболовые, тальковые сланцы, реже амфиболиты. Гнейсы конгломератовидные, двуслюдяные и биотитовые

Приведенные выше данные по тектонике протерозоя Курской магнитной аномалии в широком плане и его стратиграфии можно считать лишь примерной, предварительной схемой, не достаточной для решения многих вопросов большой проблемы КМА.

Эти данные не достаточны для широких обобщений, а также для выявления закономерностей и характера изменения строения протерозойских пород вообще в продуктивной толще железистых кварцитов, в особенности в пределах всей территории КМА. Наблюдающиеся сходные черты геологического строения протерозоя на некоторых участках, с одной стороны, и значительные различия на других участках, с другой, являются лишь первыми вехами на пути познания протерозоя.

Главной причиной малой изученности КМА, тормозящей быстрейшее всестороннее промышленное освоение всех минеральных богатств обширнейшего железорудного бассейна центра Советского Союза, следует считать малую глубину и узость площадей разведки, следствием чего является следующее.

1. Отсутствие данных о тектоническом строении кристаллического фундамента территории КМА в широком плане, о гипсометрии поверхности этого фундамента на широких площадях, что исключает возможность выявления условий осадочного и гипергенного рудообразования.

2. Недостаточная освещенность структур рудных полей уже разведанных и разведуемых месторождений железистых кварцитов и богатых руд. Отсутствие ясного и исчерпывающего представления о структуре глубоких частей рудных полей сильно тормозит изучение стратиграфии протерозоя, метаморфизма, явлений миграции и перераспределения железа в толще кварцитов в зависимости от характера и положения структурных элементов крупных структурных единиц. Особенно слабым местом в изучении территории Курской магнитной аномалии является полное отсутствие представлений о местных и региональных дизъюнктивных нарушениях и зонах трещиноватости, которые могли служить путями циркуляции гипогенных рудных растворов, грунтовых вод и местами концентрации рудного вещества.

3. Слабая разработка стратиграфии протерозоя в целом и толщи железистых кварцитов в частности вследствие того, что еще нет сведений о структуре рудных полей отдельных участков и бассейна в целом, а также имеется мало данных о характере изменений литолого-петрографического состава докембрийских пород, особенно кварцитовой толщи (по простиранию аномальных полос и с глубиной), и характера их метаморфизма докембрия.

4. Почти полное отсутствие данных о гранитных и других интрузиях и связанных с ними процессов метасоматоза (общего и рудного).

Устранение этих недостатков и более быстрое решение проблемы КМА не может быть полностью осуществлено обычными методами, применяемыми в настоящее время для разведки железистых кварцитов и гипергенных руд. Для этого потребуется бурение буровых скважин по региональным профилям через всю территорию курских магнитных аномалий и проходка глубоких структурных буровых скважин в пределах рудных участков и аномальных узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Криворожский железорудный бассейн, т. I, 1951.
2. Русинович И. А. Геологическое строение северо-восточной полосы КМА и генезис железных руд КМА. «Советская геология», 1948, № 28.
3. Стратиграфия СССР, т. I, докембрий, 1939.
4. Труды ОККМА, вып. V, 1924.
5. Труды ОККМА, вып. VII, 1926.
6. Мушкетов И. В. Физическая геология. 1935.

Б. П. ЕПИФАНОВ

ОБ УГЛОВОМ НЕСОГЛАСИИ И ПЕРЕРЫВЕ В ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЖДУ СВИТОЙ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И СЛАНЦЕВО-КАРБОНАТНОЙ СВИТОЙ ДОКЕМБРИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

В предыдущей статье автора [1] был дан прогноз по поискам богатых руд Курской магнитной аномалии старооскольского типа. Были высказаны некоторые доводы в пользу предположения, что эти руды в районе известных Лебединского и Коробковского месторождений, а также в других местах при соответствующих условиях могут уходить под сланцево-карбонатную свиту так называемого «верхнего отдела» докембрия. В связи с этим приобретает особое значение правильное понимание тектоники докембрия Воронежской антеклизы и правильное понимание тектонических соотношений между свитой железистых кварцитов и кроющей их сланцево-карбонатной свитой. В свою очередь, это позволит глубже понять действительную геологическую историю Воронежской антеклизы и обстановку, при которой могло происходить образование ее богатых железных руд.

В той же статье было высказано предположение о том, что в районе Воронежской антеклизы после отложения свиты железистых кварцитов и до отложения сланцево-карбонатной свиты происходили складчатые движения и крупные поднятия. Это последнее предположение основывалось на анализе геологической карты докембрия Курской магнитной аномалии, составленной И. А. Русиновичем, а также на аналогии с Украинским щитом.

Во время обсуждения указанных соображений в Министерстве геологии и охраны недр (11 февраля 1954 г.). Г. М. Мокшанов сообщил, что в 1953 г. при бурении в районе Тимского минимума в контакте железистых кварцитов и сланцев были пересечены конгломераты мощностью около 2 м. После этого Н. А. Плаксенко прислал дополнения к своей статье, помещенной в настоящем сборнике [2], в котором сообщается дополнительный фактический материал и высказываются соображения по вопросу о возможности несогласия между железистыми кварцитами и покрывающими их породами.

В связи с исключительным теоретическим и практическим значением вопроса целесообразно рассмотреть его подробнее.

Первый более или менее полный разрез докембрия Воронежской антеклизы был получен при бурении в области Щигровского магнитного

[1] Статья «Геологическое строение Воронежской антеклизы и изучение ее полезных ископаемых» в настоящем сборнике.

[2] Статья «Общие черты структуры и стратиграфии докембрия Курской магнитной аномалии» в настоящем сборнике.

максимума. Результаты обработки материалов этого бурения были опубликованы в 1926 г. в статье А. Д. Архангельского и И. И. Корбуш [1]. При этом бурении верхний стратиграфический контакт железистых кварцитов был подсечен только одной скважиной № 2. Свита железистых кварцитов начинается в этой скважине на глубине 300,5 м. Как пишут А. Д. Архангельский и И. И. Корбуш, с глубины 266 м сланцы отличаются наибольшим содержанием кварца, причем количество последнего книзу все время возрастает, особенно с глубины 288 м, на интервале 288—295 м, на отдельных участках кварц преобладает над прослоями слюдяного сланца и с глубины 295 до 300,5 м, т. е. до контакта с рудосодержащей толщей, наблюдается частое чередование прослоев кварцита с вкраплинами рудного минерала и прослоев биотитового сланца, в котором кварц как породообразующий минерал играет доминирующую роль [1].

Описанные особенности нижней части сланцево-карбонатной кроющей свиты А. Д. Архангельский и И. И. Корбуш приняли за признаки постепенного перехода от сланцев к железистым кварцитам. Они пишут, что этот последний горизонт является переходным от покрывающих пород к рудной толще, т. е. к свите железистых кварцитов [1].

Следует отметить также, что в той же скважине № 2 на глубине 413,2 м в одном из образцов наблюдается галька кварца в рудном прослое. Этот факт не отмечен в тексте статьи, но сообщается в описании скважины, помещенном в приложении [1].

Породы докембрия тогда же были изучены В. И. Лучицким. После исследования пород докембрия и их подробного описания В. И. Лучицкий приходит к выводу, что верхняя часть пройденных кристаллических пород или свита кроющих пород (сланцево-карбонатная свита.—*Б. Е.)* носит вполне осадочный характер, меньше метаморфизована сравнительно с более глубокими горизонтами [6].

Изложенное показывает, что еще в 1926 г. были установлены следующие факты, указывающие на наличие несогласия между свитой железистых кварцитов и кроющей сланцево-карбонатной свитой:

1) наличие галек вблизи контакта сланцев с кварцитами;

2) более грубозернистый характер нижней части сланцево-карбонатной свиты («доминирующая роль» кварца);

3) различная степень метаморфизма этих свит; меньшая степень метаморфизма кроющих пород.

Наличие галек и различная степень метаморфизма пород не обратили на себя внимание, а изменение характера пород сланцево-карбонатной свиты к ее основанию было истолковано неправильно.

С 1926 г. факт согласного залегания сланцево-карбонатной свиты на железистых кварцитах и факт постепенного перехода от одних к другим, без перерыва в осадконакоплении, были приняты как бесспорные и не подвергались сомнению. Считалось, что после накопления осадочных толщ докембрия они в едином массиве подверглись впоследствии складкообразованию и метаморфизму. Так, И. А. Русинович, отдавший много времени и сил изучению геологии Курской магнитной аномалии, писал в 1948 г., что все перечисленные протерозойские породы смяты в серию самых разнообразных складок с очень крутым параллельным падением крыльев на северо-восток, обычно под углом 70—90° [8]. И. А. Русинович выделяет в докембрии области КМА три фазы складчатости и при этом считает, что все они происходили после отложения сланцево-карбонатной свиты. Н. А. Плаксенко за последние годы доказывает наличие на КМА всего одной фазы складчатости, что существенно не меняет положения.

Большой геологический материал работ по Курской магнитной аномалии за период с 1926 г. и до 1947 г. был обобщен И. А. Русиновичем. Одним из результатов этого обобщения является составленная им карта докембрия, в уменьшенном виде опубликованная в 1948 г. [8]. Как мы уже писали в предыдущей статье, эта карта наглядно указывает на резко несогласное налегание сланцево-карбонатной свиты на свиту железистых кварцитов. На то же указывают и геологические карты КМА более мелких масштабов. Приходится удивляться, как это обстоятельство не обратило на себя внимания ранее, хотя бы при составлении генерального проекта геологоразведочных работ по КМА. В 1947 г. И. А. Русинович, исходя из представлений о согласном залегании всех пород докембрия КМА, на геологических картах крупного масштаба отдельных участков изображал линию лежачего бока сланцево-карбонатной свиты в виде зигзагов, желая подчеркнуть их интенсивную дислоцированность, но такое изображение не было обосновано фактами. Во время работ по КМА с 1926 по 1947 г. контакты железистых кварцитов со сланцево-карбонатной свитой не подсекались и поэтому нового фактического материала по непосредственному изучению этого контакта получено не было.

За период с 1947 г. на КМА проведена большая работа по разведке железистых кварцитов. Материалы этих разведок обобщаются Н. А. Плаксенко и А. А. Прозоровским. Эти обобщения уже привели к некоторым результатам. За тот же период во многих местах подсекался контакт железистых кварцитов с покрывающими породами. Приведенные факты и обобщения представляют новый материал по интересующему нас вопросу.

Из статьи Н. А. Плаксенко вытекает два основных положения:

1) установление, что сланцево-карбонатная свита по ряду участков залегает на размытой поверхности свиты железистых кварцитов;

2) установление наличия типичных базальтовых конгломератов в основании сланцево-карбонатной свиты.

Эти факты не оставляют у нас сомнения в том, что имеется резкое угловое несогласие между железистыми кварцитами и кроющими их породами и что существовал длительный континентальный перерыв между отложением железистых кварцитов и кроющих пород. Однако Н. А. Плаксенко приходит к другим выводам. Он считает, что на спокойную и в различной степени размытую поверхность среднего отдела отлагались породы верхнего отдела, что породы верхнего отдела ложатся на породы среднего отдела согласно или местами с ничтожным угловым несогласием, что в последующем породы всех трех отделов одновременно претерпели складкообразование и региональный метаморфизм. Такое толкование фактов является следствием желания уложить все складчатые движения района в одну «фазу». Действительная геологическая история района, повидимому, значительно сложнее, а характер тектонических движений, их природа разнообразнее, чем это представлялось до сих пор.

Совокупность известных к настоящему времени фактов позволяет придти к выводу, что геологическая история конца докембрия в области Воронежской антеклизы в общих чертах развивалась следующим образом.

1. После отложения свиты железистых кварцитов произошло складкообразование и интенсивный метаморфизм осадочных пород с внедрением интрузий.

2. Затем произошли крупные поднятия и образование на месте Воронежской антеклизы горноскладчатой страны, как об этом предположительно писалось в нашей предыдущей статье. При этом на дневной

поверхности оказались интенсивно дислоцированные толщи железистых кварцитов.

3. Сланцево-карбонатная свита кроющих пород слагалась на более или менее снивелированную, но все же значительно расчлененную поверхность кварцитов с образованием базальных конгломератов и песчанико-сланцевых пород в низах свиты.

4. В результате последующих погружений были смяты в складки, метаморфизованы и отчасти интрудированы породы сланцево-карбонатной свиты. Породы этой свиты сохранились в настоящее время, повидимому, во впадинах древнего рельефа, возникшего до их накопления.

Складчатость карбонатно-сланцевой свиты по своему характеру и природе должна значительно отличаться от складчатости более древних пород, поскольку сланцево-карбонатная свита залегала (во время образования в ней складок) на жестком фундаменте из интенсивно дислоцированных и метаморфизованных пород. Складчатость сланцево-карбонатной свиты скорее всего представляет складчатость облекания. Этим, очевидно, и объясняется крутое залегание сланцев кроющей свиты при крутом залегании железистых кварцитов, а также наблюдающиеся явления межпластовых подвижек между кварцитами и сланцево-карбонатной свитой. Отсюда также следует важный вывод, что при пологой поверхности кварцитов также полого должны залегать и кроющие их породы. Такие пологие поверхности кварцитов следует предположить в области замыкания «синклинориев», которые, с нашей точки зрения, правильнее называть впадинами. Именно здесь, главным образом к северу от «узлов аномалий», и следует ожидать наличия богатых железных руд старооскольского типа под сланцево-карбонатной свитой.

Из изложенного можно видеть, что наши представления о геологической истории конца докембрия Воронежской антеклизы в общих чертах сходятся с соответствующими представлениями П. М. Каниболоцкого о геологической истории конца докембрия Украинского щита. Имеются основания считать сланцево-карбонатную свиту Курской магнитной аномалии аналогом выделенной П. М. Каниболоцким ингулецкой свиты Криворожского бассейна, а последнюю, как это делает П. М. Каниболоцкий, правильнее выделить из криворожской свиты в самостоятельную. Замену анализа геологической истории, по возможности во всем ее многообразии, подсчетом и анализом «фаз тектогенеза», как это делается некоторыми исследователями, нельзя считать правильной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. и Корбуш И. И. Общие результаты разведочных работ в области Щигровского максимума Курской магнитной аномалии. Труды Особ. ком. по исследованию курских магнитных аномалий при Президиуме ВСНХ СССР, вып. VII. Труды геол. отдела под ред. А. Д. Архангельского.
2. Белевцев Я. Н. Типы рудных полей Криворожских железорудных месторождений и соображения о генезисе железных руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1951 № 2.
3. Белевцев Я. Н. К вопросу о фазах формирования структур Криворожской метаморфической полосы. Изв. АН СССР, серия геол. 1952, № 6.
4. Богданов А. А. Несогласия, их типы и значение их изучения. Изв. АН СССР, серия геол., 1949, № 2.
5. Дюков А. И. и Русинович И. А. К постановке геологопоисковых работ на участке Курской магнитной аномалии у селения Панки. «Разведка недр», 1937, № 1.
6. Лучицкий В. И. Петрографическое исследование кристаллических пород района курских магнитных аномалий. Труды ОККМА при Президиуме ВСНХ СССР, в. 7. Труды геол. отдела под ред. А. Д. Архангельского.
7. Люткевич Е. М. К вопросу о развитии древнейших палеозойских отложений на Русской платформе. Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 5.

8. Русинович И. А. Результаты геологоразведочных работ на Стойленском участке Курской магнитной аномалии. «Разведка недр», 1937, № 9—10.
9. Семененко Н. П. Структура рудных полей криворожских железорудных месторождений. т. I. Киев, 1946.
10. Семененко Н. П. Структура кристаллического массива Приднестровья. Киев, 1949.
11. Семененко Н. П. Строение Украинского кристаллического массива и история его формирования. Изв. АН СССР, серия геол. 1951, № 1.
12. Соколов Б. А. О возрасте древнейшего осадочного покрова Русской платформы. Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 5.
13. Шатский Н. С. О границе между палеозоем и протерозоем и о рифейских отложениях Русской платформы. Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 5.

А. С. ЕГОРОВ

О СТРУКТУРЕ ТОЛЩИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КОРОБКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

СХЕМА СТРАТИГРАФИИ

Железистые кварциты на территории Старооскольского района Курской магнитной аномалии составляют весьма характерную, довольно компактную толщу, средней мощностью 200 м. В некоторых районах КМА в составе этой толщи могут присутствовать горизонты других осадочных пород, например сланцев, как это имеет место в Криворожье [2,21].

В районе Коробковского месторождения, по имеющимся материалам разведки, можно составить весьма приближенное представление о породах, подстилающих и кроющих эту толщу (фиг. 1).

Подстилающие толщу железистых кварцитов породы последовательно (сверху вниз) следующие:

а) филлитовидные, весьма мелкозернистые кварцево-биотитовые и кварцево-серицитовые сланцы, иногда с пиритом и пирротином, мощностью 100—130 м;

б) белые сахаровидные и сливные безрудные кварциты с редкими прослойками сланцев, мощностью около 100 м;

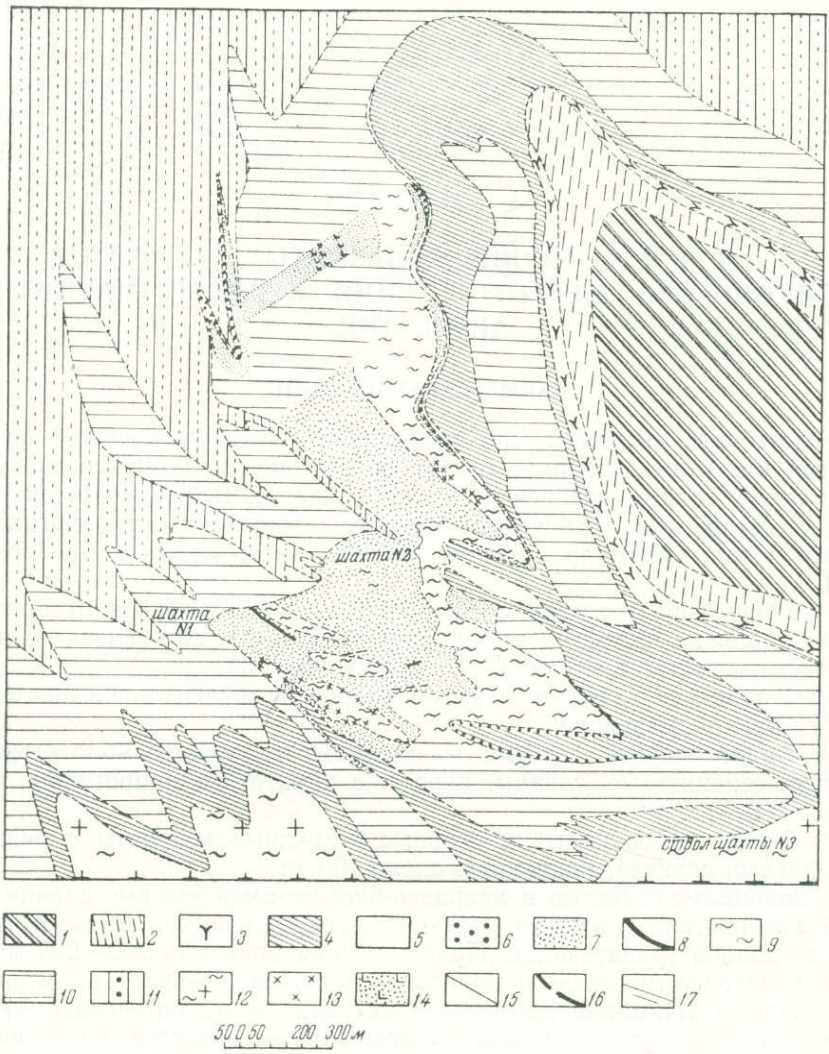
в) кварцево-слюдистые и кварцево-биотито-амфиболовые сланцы, хорошо раскристаллизованные, часто мигматизированные, местами до состояния полной гранитизации. Приближенная мощность 100—200 м;

г) бластопсаммитовые и конгломератовидные гнейсы (и, вероятно, гнейсовидные аркозовые песчаники) местами также интенсивно мигматизированы и гранитизированы. Мощность их не известна, но по аналогии с толщей аркозовых песчаников Криворожья она должна быть значительной (200—300 м).

Породы, залегающие стратиграфически выше толщи железистых кварцитов, представлены в основном кварцево-гранато-слюдистыми и кварцево-гранато-хлорито-биотитовыми сланцами, содержащими в отдельных пачках углистое вещество и пирит.

Прослеженная их мощность составляет около 100 м, но в действительности она должна быть значительно больше. Судя по разрезам Осколецкого месторождения и Щигровского района [1, 15], можно думать, что в верхних частях разреза (толщи) указанных сланцев также присутствуют известковые сланцы и рассланцованные известняки.

Условно принято относить толщу железистых кварцитов к среднему отделу, а указанные выше подстилающие и покрывающие ее породы, имеющие, вероятно, согласные с ней контакты, — соответственно, к нижнему и верхнему отделам мощной многопластовой формации. Последняя



Фиг. 1. Схематическая геолого-структурная карта докембрия 71-го горизонта Коробковского месторождения. Составил А. С. Егоров

Нижний отдел. 1 — парагнейсы; 2 — слюдяные сланцы и амфиболиты; 3 — кварциты безрудные; 4 — кварцево-биотитовые и филлитовые сланцы. Средний отдел. 5 — слаборудные и безрудные кварциты; 6 — куммингтонито-магнетитовые кварциты; 7 — доломитомагнетитовые кварциты; 8 — гранато-хлорито-биотитовые сланцы и слаборудные кварциты; 9 — гематито-магнетитовые кварциты; 10 — железистые кварциты (не расчлененные). Верхний отдел. 11 — кварцево-гранато-биотитовые сланцы; 12 — граниты и мигматиты; 13 — щелочная амфиболизация; 14 — куммингтонитовая минерализация; 15 — зоны окварцевания и карбонатизации; 16 — дайки и жилы метакерсантитов и метадиоритов; 17 — нарушения

по комплексу составляющих свит в общем близко напоминает криворожскую формацию, относимую условно к протерозойскому возрасту [2, 11]. По последним данным, возраст этой формации может оказаться несколько более древним — нижнепротерозойским или даже верхнеархейским.

СКЛАДЧАТЫЕ СТРУКТУРЫ ТОЛЩИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ СТАРООСКОЛЬСКОГО РАЙОНА

По материалам геофизических исследований и буровой разведки, можно считать, что Коробковское месторождение железистых кварцитов приурочено к области юго-восточного замыкания крупного синклинория, шириной 15—17 км, имеющего северо-западное простирание. В крыльях этого синклинория толща железистых кварцитов прослеживается в виде двух параллельных полос. Одна из них (юго-западная полоса) довольно прямолинейно проходит через населенные пункты: селения Осколец, Панки, Роговое и города Тим и Щигры, уходя далее на северо-запад. Другая (северо-восточная) прослеживается через селения Стойло, Ястребовку, а далее на северо-запад, не доходя до с. Безлепкино, она, повидимому, выклинивается.

В районе с. Ястребовки прямолинейное простирание указанной толщи нарушается резким флексурным изгибом, имеющим, вероятно, сложное строение.

Синклинорий устанавливается на том основании, что, во-первых, поперечные разрезы (правда, пока единичные) на обоих крыльях его по составу и мощности толщи железистых кварцитов довольно близки друг к другу, имея взаимно симметричное расположение составляющих свит и, во-вторых, в обоих крыльях толща железистых кварцитов, как и вмещающие ее толщи, наклонена навстречу друг другу (соответственно на северо-восток и юго-запад) под углом 60—75°.

На юго-востоке указанный синклинорий имеет сложное периклинальное замыкание, расположенное на стыке этого синклинория и отходящего от него к юго-востоку антиклинория. Эти две региональные структуры на стыке кулисообразно заходят друг за друга. По размерам их можно относить к структурам первого порядка. Наличие периклинального замыкания определяется тем, что здесь от юго-западного крыла синклинория диагонально к его простиранию, в направлении восток-юго-восток, прослеживается полоса (толща) железистых кварцитов через селения Теплый Колодезь, Коробково, Лебеди и далее на юго-восток до стыка с северо-восточным крылом того же синклинория (южнее с. Стойло). Здесь выходит главная ось этого синклинория. Общее падение толщи железистых кварцитов в пределах этого периклинального замыкания на север-северо-восток под углом 75—90°. Непосредственно к северо-востоку от этой толщи (т. е. в висячем ее боку) располагаются указанные в предыдущей главе сланцы верхнего отдела, а к юго-западу (в лежачем боку) — соответственно подстилающие породы нижнего отдела.

Толща железистых кварцитов, в отличие от простого моноклинального залегания в крыльях синклинория, в области его периклинального замыкания имеет крайне сложное строение. Здесь намечаются два вида ее осложнений. Во-первых, в западной части этого замыкания от него отходят на юг-юго-восток два довольно длинных ответвления этой толщи. Одно из них проходит через с. Осколец, а другое (более восточное) через с. Салтыково (до Волоконовки). Строение первого еще не известно. Второе (Салтыковское) ранее истолковывалось как моноклиналь, приуроченная к западному крылу указанного выше антиклинория. Последующая детальная буровая разведка показала [18], что породы нижнего

отдела, подстилающие сложно дислоцированную толщу железистых кварцитов, как будто слагают оба фланга полосы развития этой толщи. На основании этого А. А. Прозоровский и другие обоснованно предполагают, что полоса эта представляет узкую сильно сжатую, осложненную синклинальную складку, вытянутую в юго-восточном направлении строго параллельно простиранию юго-западного крыла синклинория.

Вторым видом осложнения периклинального замыкания являются местные участки скопления больших масс железистых кварцитов, имеющих в плане (на горизонтальной поверхности) крайне извилистые контуры, очень сложное внутреннее строение и получившие образное наименование «узлов». В пределах указанного периклинального замыкания в настоящее время установлено два таких «узла» — Коробковский и Лебединский; кроме того, намечается присутствие третьего — Крамского, расположенного к юго-востоку от Лебединского.

В промежутках между указанными узлами толща железистых кварцитов имеет более простое моноклинальное залегание, хотя по простиранию иногда довольно резко изгибается.

В участках развития указанных выше узлов области периклинального замыкания толща железистых кварцитов имеет ряд местных ответвлений на юго-восток, располагающихся в поле развития нижнего отдела, слагающего, как указывалось, антиклинальную структуру первого порядка. Указанные ответвления от Лебединского и Коробковского узлов, а также резкий изгиб моноклинали толщи железистых кварцитов, наблюдающийся между этими узлами, обусловливают образование местных осложнений в области антиклинория — разделяют его на Восточную и Западную антиклинали, образующих структуры второго порядка. Сами же узлы и отходящие от них на юго-восток ответвления образуют как бы заливы железистых кварцитов среднего отдела в пределах пород нижнего отдела; по аналогии их можно относить к местным синклинальным структурам второго и третьего порядков.

В дальнейшем мы остановимся на характеристике некоторых особенностей структуры лишь Коробковского узла (месторождения) как наиболее разведанного и частично вскрытого горными выработками рудника. Это важно для понимания структур других подобных рудных узлов, а также для установления связи и соотношений подобных местных структур с более крупными, региональными.

Освоение Лебединского узла находится еще в стадии разведки и поэтому фактического материала по его структуре пока очень мало.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ТОЛЩИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Нормальный разрез толщи железистых кварцитов в пределах Коробковского месторождения до настоящего времени нельзя считать твердо установленным что обусловлено сложностью ее тектоники и явлений метаморфизма. Правда, провизорная стратиграфическая схема этой толщи приводится в отчетах А. А. Прозоровского, Н. А. Плаксенко и др. [8, 9].

Всю толщу железистых кварцитов месторождения они подразделяют на следующие пять горизонтов (сверху вниз или наоборот): 1) куммингтонито-магнетитовые кварциты; 2) доломито-магнетитовые; 3) железно-слюдково-магнетитовые; 4) затем снова доломито-магнетитовые и 5) куммингтонито-магнетитовые. Кроме того, они устанавливают присутствие переходных слаборудных горизонтов на контактах толщи железистых кварцитов с перекрывающими и подстилающими сланцами верхнего и нижнего отделов.

В такой повторяющейся последовательности горизонтов они видят завершенный цикл осадконакопления продуктивной толщи.

Мы собрали довольно большой фактический материал и для того, чтобы хотя ориентировочно и весьма приближенно представить себе нормальный разрез толщи железистых кварцитов независимо от вышеприведенной схемы, мы попытались составить схематическую геологическую карту на уровне —71 горизонта по данным разрезов буровых скважин и наблюдений в горизонтальных горных выработках на этом горизонте (фиг. 1). На эту карту были нанесены фрагменты отдельных горизонтов и некоторые наиболее крупные пликативные структуры. В результате оказалось, что для северной части рудного поля (разрезы I, IX, X, XI, XII, XIII), где крупная складчатость менее интенсивна, выделенные по разрезам горизонты довольно хорошо увязываются между собой по простиранию. На этом основании ниже приводится следующий схематический сводный разрез толщи железистых кварцитов для северной части месторождения (снизу вверх).

1. Горизонт куммингтонитовых безрудных и слаборудных кварцитов, обычно довольно толстослоистых с прослойками сланцев и доломитов (с сульфидами железа). Горизонт хорошо выдержан по простиранию и согласно залегает на сланцах нижнего отдела. Мощность его 5—10 м.

2. Горизонт тонкослоистых доломито-магнетитовых кварцитов, часто с куммингтонитом и прослойками сланцев. Мощность 10—20 м.

3. Весьма мощный, хорошо выдержанный горизонт довольно однородных очень тонкослоистых красноцветных гематито-магнетитовых кварцитов, обычно содержащих щелочной амфибол, реже эгирин, собранных в интенсивные мелкие складки. Истинную мощность его, вследствие складчатости, установить трудно, но она, вероятно, около 50—60 м.

4. Мощный горизонт в общем тонкослоистых доломито-магнетитовых кварцитов, часто (особенно в верхней части) с мощными пластами биотитовых сланцев и сериями прослоек слаборудных кварцитов, а в нижней части иногда со щелочным амфиболом. В нем наблюдаются значительные пачки и маломощные горизонты (или линзы) гематито-магнетитовых и куммингтонито-магнетитовых кварцитов. Суммарная истинная мощность точно неопределима (вследствие складчатости), но, вероятно, около 100—120 м.

5. Куммингтонито-магнетитовые тонкослоистые кварциты; на контакте со сланцами верхнего отдела наблюдаются прослойки сланцев. Мощность около 10—15 м.

Надо думать, что местами между этим верхним горизонтом и сланцами верхнего отдела имеют место признаки маломощного переходного горизонта слаборудных и безрудных кварцитов.

Названные горизонты совершенно не равновелики по своей мощности. Наиболее мощными являются два внутренних горизонта — доломито-магнетитовых и нижележащих гематито-магнетитовых кварцитов, составляющие в сумме 80—90% всей мощности продуктивной толщи. Краевые горизонты являются маломощными, не определяющими собой состава этой толщи. Поэтому мы остановимся лишь на характеристике двух основных горизонтов толщи по результатам наблюдений в горных выработках.

В составе мощного доломито-магнетитового горизонта существенное участие принимают довольно мощные пласты и целые пачки кварц-биотитовых сланцев часто с амфиболом, хлоритом и гранатом, сопровождаемых пачками слоев слаборудных и безрудных кварцитов. Наблюдаются и серии прослойков (пачки) куммингтонито-магнетитовых (редко) и гематито-магнетитовых кварцитов. При этом устанавливается некоторая

ритмичность в напластовании. По обе стороны (т. е. вверх и вниз по разрезу) от пластов сланцев породы более или менее закономерно сменяются в следующем порядке: слаборудные кварциты, доломито-магнетитовые кварциты, иногда с куммингтонитом, гематито-магнетитовые кварциты. Далее в обе стороны смена указанных разновидностей идет в обратном направлении. Указанное чередование пачек, по всей вероятности, является стратиграфическим, о чем могут свидетельствовать, например, прослойки пирита или пирротина, расположенные, как правило, в висячих боках пластов сланцев.

Надо думать, что это чередование обусловлено особенностями состава осадка и первично осадочных пород, из которых образовались указанные составные разновидности горизонта.

Из колонки указанного чередования иногда совершенно выпадают пачки гематито-магнетитовых кварцитов и тогда имеет место трехчленное чередование (сланцы, слаборудные кварциты и доломито-магнетитовые кварциты).

Иногда наблюдаются пачки куммингтонито-магнетитовых кварцитов. Удельный вес (относительные мощности отдельных пачек) указанных разновидностей в доломито-магнетитовом горизонте приблизительно таков: сланцы и слаборудные кварциты составляют от 5 до 20%, собственно доломито-магнетитовые кварциты — 70—90%, гематито-магнетитовые кварциты — 0—10%. Таково же примерно процентное содержание их в пределах всего горизонта.

Наряду с этим следует отметить случаи явно эпигенетического порядка. Местами наблюдаются пачки доломито-магнетитовых кварцитов, которые по простиранию или (чаще) диагонально к простиранию переходят в гематито-магнетитовые кварциты. Предварительные данные позволяют высказать соображение о местных зонах развития эпигенетического гематита, приуроченного к кливажу течения и идущего согласно или диагонально к простиранию слоев.

Что касается пачек куммингтонито-магнетитовых кварцитов, наблюдаемых в горизонте, то соотношения их с доломито-магнетитовыми кварцитами не ясны. Но, судя по указанным разрезам буровых скважин, они не выдерживаются по простиранию. Не исключена возможность, что куммингтонит в них окажется эпигенетическим (метасоматическим) минералом, образованным за счет миграции в эти участки магния, что согласуется и с представлениями Д. С. Коржинского [12].

Совершенно иная картина наблюдается в горизонте гематито-магнетитовых кварцитов. Он оказывается более однородным. В нем совершенно отсутствуют пласты и пачки сланцев и слаборудных кварцитов и лишь изредка наблюдаются маломощные пачки доломито-магнетитовых кварцитов.

Однородность эта, вероятно, может свидетельствовать о том, что состав гематито-магнетитового горизонта обусловлен составом первичной осадочной породы.

Мощности пластов и прослойков толщи железистых кварцитов различны и зависят от состава указанных пачек. Преобладающие в толще доломито-магнетитовые и гематито-магнетитовые кварциты являются тонкослоистыми; мощности составляющих их прослойков изменяются в пределах от 1—2 мм до 1—2 см. Пласты и пропластки сланцев имеют мощность от 5—10 см до 1—2 м, а слаборудных кварцитов — от 2—3 до 10—20 см. Таким образом, мощности пластов и прослойков сланцев и слаборудных кварцитов во много раз превосходят весьма незначительную толщину тонких прослойков собственно железистых кварцитов.

Приконтактовый хорошо выдержанный горизонт лежачего бока продуктивной толщи представлен слаборудными и безрудными кварцитами часто с прослойками доломита, куммингтонита и кварцево-хлорито-биотитового сланца. К карбонатным пластам и прослойкам часто приурочены пирротин и пирит.

Мощность отдельных пластов и прослойков колеблется от 3—5 до 20—50 см. Следовательно, эти сравнительно толстослоистые пачки пород, мощностью по 5—10 м, представлены преимущественно слаборудным и безрудным кварцитом.

В висячем боку указанной толщи подобный горизонт безрудных кварцитов очень слабо выражен и для доказательства его присутствия требуются дополнительные исследования.

Сравнивая данный нами разрез для северной части рудного поля с вышеприведенной стратиграфической схемой А. А. Прозоровского и Н. А. Плаксенко, можно видеть, что они несколько отличаются друг от друга в самом содержании отдельных горизонтов внутренних частей продуктивной толщи. Но между ними имеется явное сходство в характеристике краевых ее горизонтов.

Куммингтонит в обоих случаях наиболее развит, в краевых (приконтактовых) ее частях, приурочиваясь не только к переходным слаборудным горизонтам, но и к прилегающим к ним маломощным горизонтам доломито-магнетитовых кварцитов.

По данным нашего разреза можно составить представление о том, что процесс седиментации толщи шел прогрессивно, с постепенным увеличением терригенного материала в осадке, что имели место малые прогрессивно развивающиеся ритмы с постепенной сменой терригенных отложений более длительной хемогенной садкой меняющегося химического состава.

Толща железистых кварцитов по составу (и физико-механическим свойствам) представляет весьма неоднородную среду. Эти различия в составе, понимание которых необходимо, чтобы составить более правильное представление о проявлении деформирующих усилий, следует подчеркнуть, во-первых, между более уплотненными толстослоистыми краевыми и более податливыми тонкослоистыми внутренними горизонтами толщи; во-вторых, между отдельными разнородными пачками горизонта доломито-магнетитовых кварцитов и, в-третьих, между прослойками разного состава тонкослоистых кварцитов.

Следовательно, по составу, мощности прослойков и степени сопротивления силам деформации все породы толщи железистых кварцитов можно подразделить на три характерные группы.

1. Довольно толстослоистые преимущественно кварцитовые породы с более тонкими прослойками сланцев, образующие горизонты или пачки мощностью от 1—2 до 5—10 м, характеризующиеся значительной устойчивостью к воздействию тектонических усилий.

2. Толстослоистые пласты сланцев, мощностью от 5—10 см до 1—3 м, обладающие характерным свойством послойного скольжения и дифференциального течения по кливажу, трещинам разрыва и т. д.

3. Исключительно тонкослоистые собственно железистые кварциты, различного минералогического состава, но в общем представляющие чередование тонких прослойков (мощностью от 1—2 мм до 1—2 см) кварцита, рудных минералов (магнетита и гематита) и силикатных минералов (биотита, куммингтонита, щелочного амфибола и др.). Эти породы (руды) обладали исключительной способностью к складкообразованию, что обусловливалось, очевидно, тонким переслаиванием прослойков разного состава и разных физико-механических свойств.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СКЛАДЧАТОСТИ В ТОЛЩЕ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КОРОБКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Указанные выше особенности состава и мощностей чередующихся пластов и прослойков толщи железистых кварцитов, повидимому, и обусловили развитие внутри этой толщи особого вида складчатости, совершенно не свойственной вмещающим ее сланцевым породам. По имеющимся данным не устанавливается эта специфическая складчатость и в нижележащих толщах однородных безрудных кварцитов и парагнейсов нижнего отдела докембрия.

При наблюдениях в подземных горных выработках рудника, а также и по данным просмотра керна скважин, поражает исключительная сложность и разнообразие всевозможных складок как по их величине и форме, так и по взаимоотношению и пространственному размещению в пределах Коробковского рудного поля. В одних выработках рудника или в некоторых интервалах этих выработок в изобилии встречаются мелкие складки и микроскладки, в других только мелкие складки, а микроскладчатость отсутствует, наконец, в третьих (преимущественно штреках) складчатость иногда не заметна и составляющие толщу пласты и прослойки прослеживаются прямолинейно на многие десятки метров.

Прежде чем приступить к рассмотрению складчатости, следует вкратце остановиться на результатах ее изучения предыдущими исследователями. Так, И. А. Русинович [19] устанавливает, что в подавляющей массе складки (большие и малые) являются крутостоящими, оси которых круто наклонены на северо-запад. Все они построены по более или менее одинаковому плану. Правда, И. А. Русинович в этой же работе отмечает и другую группу складок, пологопадающих на юго-восток, но это его положение, как будет видно из дальнейшего, является ошибочным.

Г. П. Горшков и М. С. Точилин в своей работе [10] описывают только микроскладчатость и совсем не затрагивают складок малого и среднего размера.

При описании микроскладчатости никакого конкретного материала они не приводят, вследствие чего сделанные ими выводы являются общетеоретическими, проливающими свет на условия складкообразования, но мало что вынесшими в познание структуры рудного поля.

На характеристике складчатости и разных форм микроскладок останавливаются в своих отчетах А. А. Прозоровский, Н. А. Плаксенко, С. Ф. Борисов и другие авторы [7, 8, 9]. Они отмечают изменчивость направления простирания и большое постоянство углов падения осей, большую изменчивость простирания осевых поверхностей и крыльев складок, утолщения слоев в замках и пережимы их в крыльях, преимущественное развитие складок разных порядков в железистых кварцитах и почти полное отсутствие их во вмещающих сланцах, в которых ярко выражена другая структурная форма — кливаж течения.

Весьма обстоятельную характеристику мелкой складчатости и микроскладчатости дает Н. П. Семененко для железистых кварцитов соседнего Криворожья [21]. Здесь формы и взаимоотношения мелких складок и микроскладок имеют большое сходство со складками толщи железистых кварцитов Старооскольского района Курской магнитной аномалии, а расположение складок Желтореченского месторождения сильно напоминает расположение таковых в пределах Коробковского узла.

На основании наших наблюдений и данных предыдущих исследователей совершенно определенно выявляется то положение, что на Коробковском месторождении оси всех складок разных порядков (доступных наблюдению) круто (до вертикального) погружаются на северо-запад под углами 75—90°, чаще под углом 85—90°; лишь в очень редких

(единичных) случаях имеет место обратное направление падения осей — на юго-восток под углом 88—90°; также весьма редко встречаются более пологие углы падения (50—65°) на северо-запад. Можно считать, что почти все складки Коробковского узла являются весьма круто погружающимися на северо-запад или поставленными на голову.

Выработки же рудника в преобладающем количестве являются горизонтальными, в которых кровля почти перпендикулярна осям складок и представляет почти поперечный срез последних. Именно в кровле горизонтальных выработок наиболее ярко фиксируется все многообразие складок, могущих вскрываться ею полностью или частично.

Поэтому в дальнейшем, когда мы будем говорить о величине и форме складок, мы будем иметь в виду, что эти понятия относятся к поперечным (горизонтальным) сечениям складок, почти перпендикулярным их осям. Причем здесь, для удобства изложения, длиной мы будем именовать параметр высоты нормальных складок с пологими или горизонтальными осями.

Что же касается размеров и формы складок вдоль их осей, то они нам мало известны. Но наблюдения в стенках горизонтальных и вертикальных выработок, а также сопоставления данных двух смежных горизонтов (например, —71 и —125) позволяют считать, что в направлении протяженности осей форма и размеры складок выдерживаются на значительной длине их. Причем степень этой выдержанности в основном определяется величиной складки, т. е. чем крупнее поперечное сечение складки, тем на большем протяжении вдоль ее оси выдерживается ее форма и размеры.

Максимальная глубина, до которой прослежены на месторождении железистые кварциты буровыми скважинами вдоль оси складок, составляет от дневной поверхности 350—400 м, а от поверхности докембрия — 250—300 м. По руднику же она составляет всего 200 м. Поэтому вдоль осей складок наши познания о характере складчатости крайне ограничены и распространяются всего на глубину 200—250 м от поверхности докембрия.

Как было сказано, оси преобладающего большинства складок разных порядков падают на северо-запад под углами 85—90°. При таком почти вертикальном падении осей слои и пачки пород, образующие замки складок, могут отклониться от вертикального направления на протяжении 200—250 м не более чем на 10—15 м. По этой причине складчатые структуры на поперечных вертикальных разрезах почти не проявляются.

В противоположность выдержанности складок по направлению их длины, вкрест простирания осей этих складок, как форма их, так и поведение слагающих пород являются крайне изменчивыми и это представляет характерную особенность деформации толщи железистых кварцитов.

Размеры складок в горизонтальном (поперечном) сечении весьма разнообразны. Как ширина, так в особенности и длина (высота) их меняются от 0,5—1 см до нескольких сот метров. Величина складок, полностью или частично доступных наблюдению в горных выработках, измеряется от 0,5—1 см до 5—10 м по ширине и длине.

Одной из основных задач изучения этих мелких складок, доступных наблюдению, является установление между ними такой взаимозависимости, которая помогла бы воссоздать формы и расположение более крупных складок, недоступных непосредственному наблюдению, а через последние помогла бы нарисовать структуру всего рудного узла.

Второй основной задачей изучения этих мелких складок является создание представления о действительном процессе складкообразования, о его изменениях во времени и пространстве.

В настоящее время мы находимся в самой начальной стадии на пути к решению поставленных задач.

По величине и степени захвата толщи железистых кварцитов все складки, независимо от их формы, можно подразделить на пять больших групп.

1. Крупные, больших размеров складки (III порядка), измеряемые многими сотнями метров по длине (высоте), а иногда и по ширине. Они охватывают целые горизонты, а иногда и всю толщу железистых кварцитов и развиваются преимущественно в приконтактовых частях этой толщи. Образованы они не только в результате изгибов слагающих пород, но часто также и в результате многочисленных дифференциальных срывов и смещений на крыльях. Этими складками, по существу, определяются контуры рудного узла, о чем будет сказано в соответствующем месте.

2. Средних размеров складки (IV порядка), длина (высота) и ширина которых измеряется от 20—30 до 100 м, охватывают целые горизонты или очень мощные пачки железистых кварцитов. По простиранию осевых плоскостей они также часто затухают внутрь толщи.

3. Довольно мелкие складки (V порядка), размером от 2—3 до 10—20 м, сложены отдельными мощными или небольшой мощности пачками толщи железистых кварцитов. Развиты преимущественно во внутренних частях этой толщи и реже встречаются в приконтактовых частях ее.

4. Очень мелкие складки (VI порядка), размером от 5—10 см до 1 м, сложены маломощными сериями тонких прослойков железистых кварцитов и распространены преимущественно среди их тонкослоистых разновидностей. По простиранию осевых плоскостей этих складок они то исчезают, то вновь появляются.

5. Микроскладки (VII порядка), доступные визуальному наблюдению, размером от 2—5 мм до 3—5 см, развиваются в тонких прослойках железистых кварцитов, причем в каждом соседнем прослойке или в серии этих прослойков микроскладки отличаются друг от друга по форме и другим особенностям.

Так как в строении указанных складок разных порядков вовлечена различная мощность слагающих пород и эти складки имеют разную протяженность вдоль осевых поверхностей (поперек осей), то, очевидно, они способны развиваться последовательно одни в пределах других, т. е. мелкие складки в пределах более крупных складок. Это последовательное развитие наиболее ярко проявляется в замковых частях более крупных складок и в пределах широтного отрезка Коробковского узла направлено от периферии внутрь толщи железистых кварцитов.

Имеющиеся формы складок крайне разнообразны и различно проявляются в породах разного состава. Чтобы разобраться в строении разнообразных складок, необходимо наиболее рациональное подразделение их на характерные морфолого-генетические группы, отображающие связь формы этих складок с составом слагающих пород. Ни величина складок, ни степень их сжатия не могут служить критериями такой группировки, так как они не имеют непосредственной обусловленности составом среды.

Критерием подразделения складок на группы наиболее рационально принять характер строения их замков. Здесь устанавливается довольно отчетливая зависимость от состава среды. В тонкослоистых разностях железистых кварцитов, как правило, образуются раздутые замки, обычно осложненные мелкими складками, а в толстослоистых слаборудных кварцитах — замки более простые и почти без раздувов.

С указанной позиции все разнообразие складок можно подразделить на три группы.

1. Складки разной величины и степени сжатия с сильно раздутыми, часто осложненными или сплющенными замками и утоненными (сжатыми) крыльями.

2. Складки с замками простого строения, в которых мощности слагающих пластов и прослоек в замках и крыльях более или менее равновелики.

3. Складки с выжатыми замками, разбитыми системой трещин кливажа и смещений (разновидность диапиров).

Группа I. Складки с раздутыми замками

Эта группа отличается наибольшим разнообразием складчатых форм. Слагающие их породы представлены тонкослоистыми железистыми кварцитами, составляющими преимущественно внутренние преобладающие горизонты продуктивной толщи. Величины складок этой группы крайне разнообразны — от сотен метров до 1—2 мм. Непосредственному наблюдению доступны лишь мелкие складки и микроскладки (V—VII порядков). Степень сжатия их различна — от изоклинальных до открытых.

Наиболее характерные и наиболее распространенные формы складок этой группы следующие.

1. Сильно сжатые (закрытые) до изоклинальных складки с раздутыми, сложного (реже простого) строения замками и симметрично развитыми заметно утоненными крыльями. Мощности слагающих пород в замках часто в несколько раз больше, чем на крыльях. Сплющивание крыльев иногда приводит к полному выклиниванию их и последующему послойному смещению. Более мелкие складки и микроскладки, осложняющие замки, являются также большей частью закрытыми, близкими по форме и элементам залегания к основным складкам.

2. Складки закрытые до изоклинальных с замками того же типа, но крылья их неравномерно развиты. Одно крыло, более длинное, довольно хорошо выдерживается по простиранию, тогда как второе, более короткое, очень сильно пережимается до полного выклинивания. К этим пережимам часто приурочиваются плоскости смещения блоков и жильные выполнения.

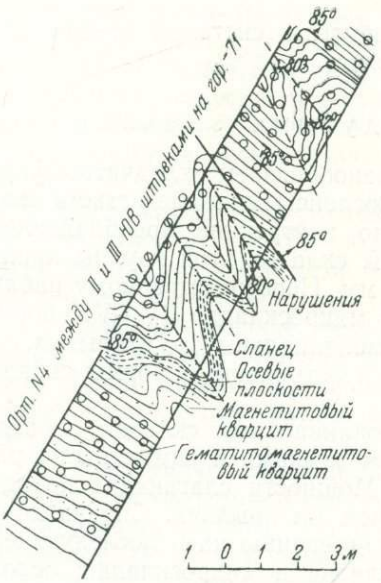
3. Флексурные складки[1] так же, как и предыдущие, значительно распространены. Для них характерно сильно раздутое общее (короткое) крыло и сжатые два другие крыла, расположенные более или менее параллельно или под острым углом друг к другу. Увеличенная мощность общего крыла флексуры, очевидно, получилась за счет выжимания материала из смежных с ним утоненных крыльев. Часто среднее утолщенное крыло флексуры расположено под острым углом к смежным утоненным крыльям и вследствие этого образует с ними неравнокрылые складки с замками различного радиуса кривизны. Как правило, флексурные складки приурочены к крыльям более крупных складок. Довольно часто среднее крыло флексуры бывает осложнено более мелкими складками и тогда получаются флексуры сложного типа, представляющие как бы сочетания обычных складок различной крутизны (фиг. 2).

4. Складки более или менее открытые с углом расхождения крыльев от 45 до 120°. Они наблюдаются по главному и второму разведочному квершлагам на горизонтах −125 и −71 рудника. Характерной особен-

[1] Следует оговориться, что под термином «флексурные складки» понимаются складчатые структуры флексурной формы, но, как видно из их описания, способ образования их отличается от образования обычных флексурных складок.

ностью их является то, что как замки, так и крылья их интенсивно осложнены очень мелкой складчатостью и микроскладчатостью. Величина таких складок (доступных наблюдению) незначительна — от нескольких метров до 10—20.

5. Сильно сжатые складки с острыми килевидными или нацело расплющенными замками, в которых растащенные прослойки расположены параллельно крыльям, а контуры перегиба самого замка совершенно не уловимы. Такие складки приурочены чаще к сильно сдавленным крыльям наиболее крупных складок.



Фиг. 2. Мелкая складчатость в железистых кварцитах

К первой группе складок следует отнести и микроскладки, имеющие почти повсеместное распространение среди тонкослоистых кварцитов.

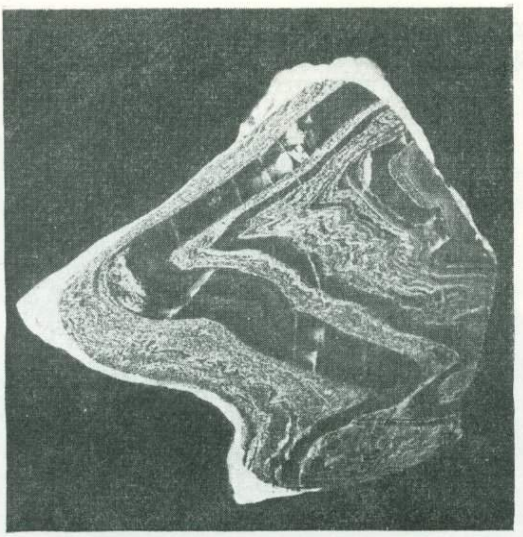
Эти микроскладки характеризуются большим разнообразием форм и их сочетаний, что обусловлено различием состава и мощности отдельных прослойков железистых кварцитов. Как правило, микроскладки двух рядом лежащих прослойков разного состава имеют различную форму. Причем в прослойке, более податливом, например рудном, обладавшем большей пластичностью, микроскладки сильнее изогнуты. Здесь развивается дисгармоничная тонкая микроскладчатость, тогда как в более устойчивых прослойках степень изгиба меньше и сами микроскладки крупнее по величине (фиг. 3, 4).

Таким образом, совершенно определенно устанавливается, что, в отличие от складок разных порядков, сложенных сериями многочисленных прослойков или мощными пачками пород, микроскладки развиваются внутри таких прослойков и в каждом отдельном прослойке по-разному, отображая тем самым специфику физико-механических свойств прослойков разного минералогического состава и разной мощности.

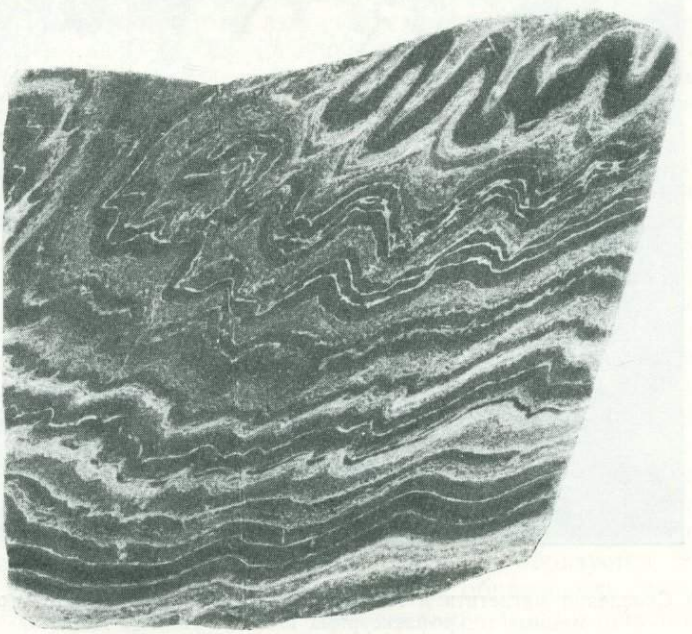
Все разнообразие форм микроскладок в общем повторяет различные приведенные выше формы более крупных складок. Среди первых наблюдаются открытые и закрытые микроскладки, вплоть до изоклинальных, с простыми и сложными замками, имеющими плавные или сильно вытянутые заостренные своды. Как правило, при равных мощностях прослойки кварца дают значительно меньшую кривизну изгиба, чем прослойки рудных и силикатных минералов. Отклонением от этого правила является то положение, что в подчиненных по мощности прослойках другого состава образующиеся в них микроскладки характерны для вмещающей среды и не характерны для них самих.

Такую морфологию микроскладок, зависящую не от образующей их, а от вмещающей (блокирующей) среды, можно назвать соподчиненной микроскладчатостью (фиг. 5).

Формы микроскладок определенным образом изменяются в зависимости от их расположения в пределах замков и крыльев более крупных складок. Так, в пределах самого перегиба замка микроскладки в разных прослойках имеют самую разнообразную форму, от весьма пологих до



Фиг. 3. Дисгармоническая микроскладчатость в утолщенном замке более крупной микроскладки и отсутствие ее в утоненном крыле. Черное—кварц, серое—магнетит. Натуральная величина



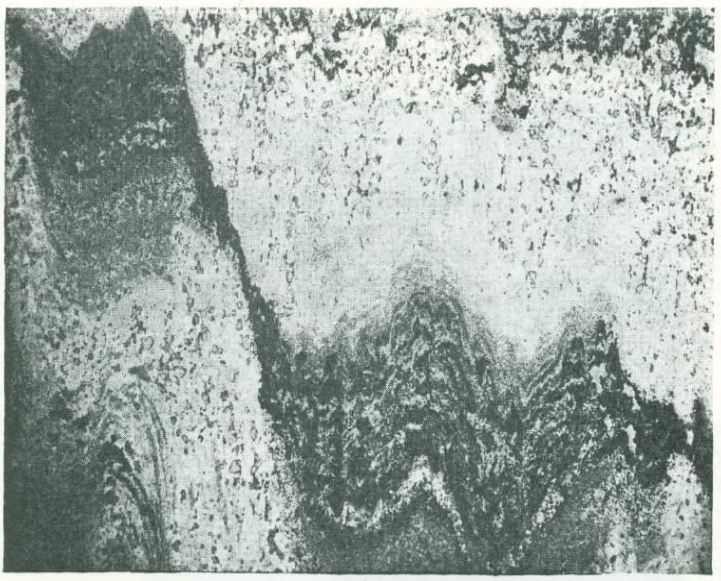
Фиг. 4. Дисгармоническая микроскладчатость в замке более крупной складки. Степень изгиба прослойков различна. Черное — кварц; серое — магнетит; светлосерое — гематит. Натуральная величина

сильно сжатых. С удалением от перегиба замка, с приближением к крыльям микроскладки становятся более однородными, более интенсивно сжатыми, а в более значительном удалении от замка, на крыльях,



Фиг. 5. Микроскладчатость (соподчиненная) в железистых кварцитах

микроскладки обычно сильно сплющены, часто с острыми килевидными или хвостовыми замками. При этом проявляется давно подмеченная во многих складчатых районах закономерность в их строении, заключаю-



Фиг. 6. Скопления магнетита и гематита (черное) в последовательно расположенных микрофлексурных изгибах. Ник. ||, ×10

щаяся в том, что различная длина крыльев микроскладок определяется расстоянием от осевой части замка до замков с соседними складками.

Интересно последовательное расположение микрофлексурных складок, представляющих сложно-складчатые скопления рудного материала, при почти полном пережиме (отсутствии) его в крыльях (фиг. 6).

Элементы пространственной ориентировки микроскладок в общем аналогичны ориентировке крупных складок, в замках которых эти микроскладки развиваются.

Пространственная ориентировка всех разнообразных складок (больших и малых) и микроскладок первой группы более или менее одинаковая. Осевые плоскости их имеют северо-западное простирание (местами изредка достигают почти широтного) при крутом почти вертикальном падении их на северо-восток, реже на юго-запад.

Оси всех складок круто, под углом 85—90°, наклонены на северо-запад; редко этот угол уменьшается до 75° и лишь в единичных случаях до 55—60°.

Группа II. Складки с замками простого строения

К этой группе относятся складки разной величины, имеющие более простое строение, чем складки предыдущей группы. Мощности серий слагающих пластов более или менее одинаковы в замках и на крыльях; впрочем мощность пластов сланцев несколько увеличивается в замках. Степень сжатия складок данной группы различна — от сильно открытых до сильно сжатых, почти изоклинальных.

Для складок этой группы характерны ровные плавные изгибы пластов в замках и совершенно не характерна микроскладчатость.

Породы, слагающие эти складки, отличаются от пород предыдущей группы складок. Это преимущественно безрудные и слаборудные толстослоистые кварциты и подчиненные им прослои сланцев и доломитов, обогащенных сульфидами железа; они образуют довольно выдержанный горизонт в лежачем боку толщи железистых кварцитов. Присутствуют они, вероятно, и в висячем боку этой толщи. Пачки, мощностью до 10 м, более или менее аналогичных пород (мощные пласты или серии пластов сланцев и прилегающих к ним слаборудных кварцитов) наблюдаются и внутри продуктивной толщи — в горизонтах доломито-магнетитовых и куммингтонито-магнетитовых кварцитов.

К настоящему времени горными выработками лишь в одной точке восточной части месторождения вскрыт приконтактовый горизонт лежачего бока слаборудных кварцитов, но фактических данных по этому горизонту пока мало. О таком типе простых складок мы можем судить лишь по аналогичному характеру складок в пачках толстослоистых слаборудных кварцитов и сланцев, расположенных внутри продуктивной толщи. Эти пачки обычно собраны в складки с различной степенью сжатия крыльев и с незначительным утолщением пластов сланцев в осевых частях складок. Замки складок имеют обычно овальные плавные контуры, почти никогда не осложненные более мелкими складками или микроскладками.

Лишь в том случае, когда эти пачки имеют очень небольшую мощность, около 0,1—0,3 м, в складках проявляется указанная выше соподчиненная (вынужденная) и осложняющая более мелкая складчатость, но микроскладчатость даже и в этом случае не образуется. Это обстоятельство лишний раз показывает, что для образования микроскладчатости необходимо многократное переслаивание тонких прослойков пород различной податливости.

Местами в указанных пачках развиваются флексурные складки простого строения, в которых мощность пласта сланца лишь немного увеличена по сравнению с крыльями.

Следует отметить, что простые складки с нераздутыми замками и нормально развитыми крыльями изредка встречаются и среди тонко-

слоистых железистых кварцитов. Но их присутствие обусловлено очевидно близостью пачек слаборудных кварцитов и сланцев, т. е. соподчинением структур, свойственных последним.

В восточной части месторождения, в конце так называемого Комсомольского квершлага, на —71 горизонте удалось установить, что пласты безрудных кварцитов и подчиненных им доломитов в замке и в крыле довольно крупной складки имеют в общем почти одинаковую мощность, а замок имеет довольно плавные волнистые контуры. Это позволяет считать, что в приконтактовом горизонте могут и должны развиваться преимущественно простые складки без раздутых замков.

Все складки II группы, подобно складкам I группы, имеют северо-западное простирание осей и осевых плоскостей; оси круто (под углом 85—90°) погружены на северо-запад. Осевые плоскости и крылья складок падают преимущественно на северо-восток (реже на юго-запад) под углом 86—90°.

Группа III. Складки диапирового типа

Представителем этой группы складок является вышеуказанная довольно крупная складка в восточной части месторождения. Ширина этой складки не менее 30—40 м, а длина (высота), повидимому, несколько сот метров.

Здесь на —71 горизонте рудника в конце Комсомольского квершлага и в отходящем от него на юго-восток штреке наблюдается замок и северо-восточное крыло своеобразной весьма сложно построенной антиклинальной складки. Ядро этой складки сложено филлитовидными кварцево-биотитовыми весьма однородными сланцами нижнего отдела с очень ярко выраженным кливажем течения, вероятно, совпадающим с положением осевой плоскости складки.

Простирание этого кливажа около 300°, падение на северо-восток под углом около 85°.

На контакте сланцев с толщей железистых кварцитов наблюдаются многочисленные диагональные срывы и следы перемещения (брекчии, смятия) пластов железистых кварцитов к северо-западу, т. е. в сторону замка складки. Положение плоскостей срывов совпадает с вышеуказанной ориентировкой кливажа течения; расстояния между ними в среднем около 1 м.

Весьма эффективно эти срывы проявляются в серии толстых пластов горизонта слаборудных и безрудных кварцитов, лежащего в основании толщи железистых кварцитов. В результате срывов и дифференциальных перемещений по многочисленным плоскостям кливажа, пласты этого горизонта оказались перемещенными из крыла в область замка складки на расстояние около 30 м. Плоскостями смещения, по всей вероятности, служили не только плоскости кливажа, но и плоскости наслоения, на что указывают следы послойного смятия пород. Вышележащие тонкослоистые железистые кварциты разного состава в области крыла образуют большей частью согласные или идущие под очень острым углом контакты со сланцами ядра.

Таким образом, устанавливается, что срывы и дифференциальные перемещения развивались в относительно не податливом горизонте слаборудных кварцитов на контакте его со сланцами. Тонкослоистые же разности железистых кварцитов реагировали на деформирующие усилия плавными изгибами с явлениями небольших, редко значительных срывов

или прогрессивного выдавливания отдельных прослойков. Более вероятно считать, что указанные явления в разнородных горизонтах слаборудных и железистых кварцитов происходили одновременно, и в результате их действия образовалась характеризуемая складка. Последняя, таким образом, несколько напоминает диапир с ядром, сложенным вдавленными сланцами, несущими в голове этого ядра оторгнутые от своего первоначального положения слаборудные кварциты.

Элементы залегания этой складки подобны залеганию складок двух предыдущих групп. Ось ее почти вертикальна (88°) и простирается на северо-запад. Простирание осевой плоскости и плоскостей кливажа течения (в сланцах) также северо-западное, падение на ССВ под углом 85—90°.

Интересно отметить явления метаморфических изменений филлитовидных сланцев, повидимому, связанных с образованием указанной складки. Они выражаются в том, что филлитовидные сланцы ядра складки на контакте их с железистыми кварцитами, который является в той или иной мере нарушенным ((явления смятия), в узкой полоске, мощностью 1—1,5 м, оказываются сильно перекристаллизованными с образованием таких довольно крупнозернистых минералов, как гранат, куммингтонит, биотит, хлорит, кварц.

Данное явление имеет большое значение потому, что позволяет более уверенно связывать со складчатостью перекристаллизацию и метасоматические преобразования, широко развитые в толще железистых кварцитов, которых мы в данной работе не касаемся.

В пределах Коробковского рудного поля, по всей вероятности, присутствует еще целый ряд складок, которые, по мере развития фронта горных и горноразведочных выработок рудника, будут выявляться по периферии толщи железистых кварцитов на контакте со сланцами лежачего и висячего боков.

Из рассмотрения всех трех указанных выше групп складок выявляются некоторые общие положения для них.

1. Все складки (большие и малые всех трех групп) в пределах рудного поля имеют более или менее одинаковую пространственную ориентировку. Крылья и осевые плоскости их простираются в северо-западных румбах, достигая иногда почти широтного расположения (например, в главном и втором разведочном квершлагах), при крутом почти вертикальном падении их на северо-восток, реже — на юго-запад, а оси круто (почти вертикально) погружаются на северо-запад под углом 85—90°.

2. Имеет место преимущественная приуроченность мелких складок к замковым областям более крупных складок и несколько более редкая встречаемость их в пределах крыльев последних.

3. Формы строения мелких складок в общем случае более или менее подобны формам более крупных складок, в которых они развиваются; наиболее совершенно это подобие в изоклинальных складках.

4. Совершенно определенно устанавливается зависимость форм строения складок всех трех групп от физико-механических свойств пластов и горизонтов, из которых состоят складки. Тонкослоистым железистым кварцитам свойственны более сложные складки, толстослоистым, неподатливым — простые.

5. Разнообразие форм складок в породах (пластах, прослоях) одного и того же состава и одинаковой мощности, очевидно, обусловлено неравномерным проявлением деформации под воздействием ориентированных усилий.

СООТНОШЕНИЯ СКЛАДОК И ДИСГАРМОНИЧЕСКАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ

Все перечисленные типы складок определенным образом изменяются, сочетаются, и одни их формы и размеры переходят в другие в пределах Коробковского узла.

Характерно отметить, что осевые плоскости складок часто не выдержаны по простиранию; местами они заметно искривляются, отклоняясь от своего простирания на 20—30°. Наблюдаются случаи затухания складок вдоль осевых плоскостей или, наоборот, более интенсивного их проявления. Затухающие и вновь возникающие складки иногда кулисообразно заходят одна от другой.

Заметно выражены также изменения форм складок вкрест простирания осевых плоскостей. Две рядом лежащие складки, даже в породах одного и того же состава, как правило, различаются по форме, а иногда и по размеру.

Весьма характерны последовательные сочетания закрытых или флексурных мелких складок в пределах крыльев более крупных. В юго-западной части рудника устанавливается, что наблюдаемые здесь складки являются неравнокрылыми: у них одно крыло оказывается более длинным и лучше развитым, чем другое. В результате сочетания таких складок на крыле большой складки развивается мелкая складчатость, осевые плоскости которой направлены под углом 20—40° к общему простиранию этого крыла.

В осевых частях этих замков мелкие складки, как правило, более открытые и менее правильно построенные с одинаково развитыми крыльями. С удалением от осевых частей в сторону крыльев складки эти становятся более закрытыми, одно крыло у них более развито, чем другое. Наконец, на крыльях, как было указано, развиты неравнокрылые последовательно сочетающиеся складки. Указанное обстоятельство будет иметь для нас значение при выяснении структуры рудного поля, о чем будет сказано ниже.

Складки указанных выше трех групп, надо полагать, постепенно переходят друг в друга по простиранию осевых плоскостей. Кроме того, по мере развития складок первой группы, возникают дополнительные осевые плоскости (как бы ветвление их), обусловливающие, с одной стороны, осложнение более простых складок, а с другой — развитие более мелкой складчатости. По простиранию осевых плоскостей, таким образом, может изменяться не только форма, но и величина складок.

Все указанные особенности изменения складок по форме и величине как по простиранию, так и вкрест простирания осевых плоскостей, а также особенности сочетания (осложнения) и соотношения их в пространстве обусловливают повсеместное развитие в пределах рудного узла дисгармонической складчатости. Дисгармония является характерным проявлением складчатости в толще железистых кварцитов рудного поля.

Следует отметить еще дисгармонию микроскладчатости, выражающуюся как в послойном (внутрислойном), так и в межслойном изменении величины и формы микроскладок (фиг. 3, 4, 5).

КЛИВАЖ, ЛИНЕЙНОСТЬ, ТРЕЩИНОВАТОСТЬ

В складчатой структуре Коробковского рудного узла ярко выражены явления кливажа течения, линейно-параллельной текстуры и трещиноватости.

Кливаж течения развивается в линейно вытянутых зонах, приуроченных к наиболее сжатым крыльям закрытых и изоклинальных складок,

сложенных тонкослоистыми железистыми квадратами. Выражается он в развитии тонкой плитчатости, идущей обычно под очень острым углом к слоистости и лишь в замках складок под большим углом пересекает слои. Простирание кливажа северо-западное 320—340°, что почти совпадает с простиранием осевых плоскостей складок, падение почти вертикальное. К плоскостям кливажа течения местами приурочивается довольно крупнозернистый гематит, и иногда щелочной амфибол. Местами к зонам развития этого кливажа приурочиваются дизъюнктивные нарушения, иногда заполненные жилами полевошпато-кварцево-карбонатных пород или дайками метакерсантитов.

В горизонте толстослоистых слаборудных кварцитов кливажу течения могут соответствовать диагональные трещины с расстоянием между ними около 1 м, по которым происходило дифференциальное перемещение блоков. Очень ярко выражен кливаж течения в нижележащих сланцах нижнего отдела.

Линейно-параллельная текстура выражается в однообразной параллельной вытянутости (ориентировке) удлиненных кристаллов таких породообразующих минералов, как щелочной амфибол, куммингтонит, хлорит, а также некоторой вытянутости пластинок биотита и железной слюдки. Располагается эта линейность в плоскостях наслоения или кливажа и имеет крутое (до вертикального) падение на северо-запад под углом 75—90°, в общем совпадая с положением осей складок. Развита она в пределах тонкослоистых кварцитов рудного узла почти повсеместно.

На широкое развитие линейности, совпадающей с расположением осей складок, указывали Н. П. Семененко для Криворожья [21] и А. А. Сорский для гнейсов Карелии [20].

Для Коробковского узла железистых кварцитов, как и для вмещающих сланцев, характерно повсеместное обильное развитие трещиноватости разных систем. К наиболее ранним из них (идущим диагонально к слоистости) приурочены дайки метакерсантитов (более поздних, чем предыдущие дайки) или гематито-кварцево-карбонатная минерализация. Более поздние системы трещин отдельностей (срезывания), направленные вкрест простирания и падения пород, являются закрытыми и не имеют жильных выполнений. Местами они образуют небольшие зоны особенно обильного развития часто расположенных трещин обеих систем, которые являются зонами ослабленной устойчивости пород и незначительного просачивания вышележащих подземных вод.

Наиболее поздними являются послойные горизонты смещения, приуроченные к крутостоящим или вертикальным пластам сланцев, залегающим внутри толщи железистых кварцитов. На плоскостях этих смещений наблюдаются зеркала и горизонтальные борозды скольжения и совершенно не наблюдается никакой минерализации. Местами наблюдаются системы таких плоскостей смещения, которые часто оказываются обводненными (просачивание, капеж).

О МЕХАНИЗМЕ СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ

В настоящее время существуют две наиболее популярные концепции о механизме образования сплошной складчатости: так называемая концепция упругой деформации и концепция пластической деформации. Первая зиждется на представлении послойного концентрического скольжения пластов при изгибании их в складки, причем ведущими, способными передавать давление при некотором перераспределении материала из крыльев в замки складок, считаются пласты неподатливых пород.

Вторая концепция (В. В. Белоусова) признает ведущую роль при складкообразовании за податливыми, более пластическими породами, которые, при ориентированном давлении, имеют бо́льшую скорость послойного течения из крыльев в замки складок и поэтому способны к более крутому изгибанию по сравнению с неподатливыми слоями. В данном случае имеет место стремление обеих концепций объяснить образование подобных складок. Вторая концепция, повидимому, наиболее правильно решает этот вопрос, как и вообще вопрос о происхождении дисгармонической складчатости.

Но в то же время вторая концепция не объясняет тех случаев, когда складки не относятся к подобным, т. е. когда не имеет место выжимание материала из крыльев в замки. Ведь такого рода складки существуют и сбрасывать их со счета нельзя. Существуют они и в пределах Коробковского рудного узла. Повидимому, к таким случаям более применима первая («упругая») концепция. Поэтому едва ли механизм образования всего многообразия складок в геосинклинальных областях развития сплошной складчатости можно объяснить исходя только из одной какой-нибудь указанной концепции. Вероятно, имеет место и комбинация указанных факторов.

При рассмотрении различных складчатых форм Коробковского узла мы наметили три типа складок.

Складки первого типа, образованные тонкослоистыми разностями железистых кварцитов, характеризуются весьма сильно раздутыми, часто сложно построенными замками и сильно утоненными (сплющенными) крыльями, обычно неравномерно развитыми.

Бо́льшая часть складок, особенно внутри толщи железистых кварцитов, относится к подобному типу. Что характерно для этих складок? Прежде всего, увеличение мощности в замках всей серии слагающих прослойков, и затем внутрислойное развитие микроскладок. Материал, слагающий складки, представляет многочисленное чередование прослойков кварцита, рудных минералов (магнетита, иногда гематита) и силикатных минералов (биотита, куммингтонита и др.), т. е. прослойков различных физических свойств. Все эти прослойки, обладая разными физическими свойствами, увеличивают свою мощность в замках складок разного порядка вплоть до микроскладчатости. Причем это увеличение осуществляется двояко: с одной стороны, утолщаются сами прослойки, а с другой — имеет место внутрислойное изгибание этих прослойков в микроскладки. Прослойки разного состава обладают разной степенью внутрислойного утолщения и изгибания. Наиболее интенсивно эти явления происходили в прослойках рудных минералов и, очевидно, в прослойках силикатных минералов. Более инертными оказываются кварцевые прослои, но и в них указанные явления проявились весьма отчетливо.

В крыльях же таких складок указанные прослойки, как правило, прямолинейны и имеют меньшую мощность по сравнению с мощностью их в замках.

Все эти явления возможны только в результате неравномерного послойного пластического течения этого материала из областей выжимания в области нагнетания. В областях нагнетания под напором поступающего пластичного материала должно происходить изгибание прослойков, т. е. образование складок. Каждый более пластичный прослоек (или серия пластичных прослойков), материал которого перемещается с большей скоростью, оказывается более круто изогнутым и обусловливает более крутое изгибание соседних прослойков. Наоборот, каждый менее пластичный прослоек (например, кварцевый), испытавший

меньшую степень выжимания, оказывается менее изогнутым и ведет к частичному затуханию складки. Дисгармония складок вызывается именно этим неравномерным пластическим течением и разной степенью изгиба прослойков или их серий в толще тонкослоистых кварцитов.

Таким образом, устанавливается прямая зависимость крутизны складок от степени пластичности материала. Отсюда можно заключить, что ведущая роль в образовании складок указанного типа принадлежит наиболее пластическим породам (прослоям рудных и силикатных минералов). Следовательно, к объяснению образования данного типа складок вполне применима концепция пластической деформации.

Намечаются и складки совершенно иного типа. Они сложены менее податливыми и более однородными слаборудными кварцитами с более тонкими прослойками сланцев, образующими горизонт в лежачем боку продуктивной толщи и отдельные пачки внутри горизонта доломито-магнетитовых кварцитов. Эти складки характеризуются замками простого строения, не имеющими или почти не имеющими раздувов, и равномерно развитыми крыльями, мощность которых равновелика мощности замков. Ни о каком значительном перемещении материала из крыльев в области замков складок говорить не приходится. Возможно иногда лишь весьма слабое проявление этого перемещения в подчиненных пластах сланцев, но оно едва ли было способно вызвать значительное изогнутие слоев. Поэтому в этом случае едва ли приложима концепция пластической деформации для объяснения механизма складкообразования. Кроме того, на контактах прослойков сланцев и слаборудных кварцитов часто наблюдаются следы межслойного перемещения. Поэтому более вероятным будет предположение рассматривать механизм образования данного типа складок с позиций упругой деформации.

Наконец, намечающиеся складки третьего типа представляются весьма сложными образованиями, напоминающими своеобразные диапиры с аллохтонным сланцевым ядром и срывами неподатливых слоев на крыльях. Подобного типа складки представляют комбинацию таких структурных элементов, как кливаж течения в сланцевом ядре, совпадающий с осевой плоскостью складки, плавные изгибы и срывы в обрамляющем слаборудном неподатливом горизонте, лежащем непосредственно на сланцах ядра, и, наконец, более сложные изгибы с раздутыми замками, осложненными мелкой складчатостью и микроскладчатостью, в вышележащем горизонте тонкослоистых кварцитов.

В процессе развития этой сложной складки, повидимому, имело место дифференциальное перемещение и общее движение сланцевого ядра на северо-запад, в сторону ее замка.

В начальной стадии это движение было направлено вкрест простирания слоев, а затем, по мере увеличения крутизны складки, приобретало диагональное или почти послойное к раме ядра направление.

Таким образом, механизм складкообразования обусловлен существенно составом среды (составом слоев и их мощностью), в которой развивалась складчатость. Во внутренних частях толщи, где преобладают тонкослоистые железистые кварциты, развиваются сложные складки, обусловленные послойным пластическим течением. В приконтактовых ее частях (особенно в лежачем боку толщи), где залегает горизонт слаборудных неподатливых толстослоистых кварцитов, развиваются складки более простого строения, обусловленные, по всей вероятности, межслойным скольжением пластов под влиянием бокового давления. Переходы между этими двумя видами складок вдоль осевых плоскостей постепенные. Соответственно и формы движения при их образовании могли постепенно переходить одна в другую. Они должны быть обусловлены

физическим состоянием деформируемого вещества в период складчатости.

Совершенно очевидно, что тонкослоистые железистые кварциты находились в это время в состоянии пластического течения, тогда как толстослоистые и более однородные кварциты были в это время более устойчивыми и высокой пластичностью не обладали.

Значит не вся толща железистых кварцитов в период складчатости находилась в состоянии пластического течения, а только внутренняя, наибольшая часть ее. Это обстоятельство до некоторой степени может приблизить нас к выяснению вопроса об условиях (температуре и глубине) складкообразования. Вероятно это были условия начальной стадии перехода вещества из относительно устойчивого состояния в пластическое.

Г. П. Горшков и М. С. Точилин [10], основываясь на экспериментах Е. В. Цинзерлинга и А. В. Шубникова [22] по механическому двойникованию кварца, считают, что температура, при которой происходила деформация (пластическое течение) железистых кварцитов Коробковского месторождения, была близка к 573° (температура перехода α-кварца в β-кварц). Эта температура по приблизительным подсчетам соответствует глубине порядка 20 км, где давление достигает 5000 кг/см². Надо заметить, что в опытах Е. В. Цинзерлинга и А. В. Шубникова предел пластической деформации был достигнут при давлении в 1000 кг/см, а не при 5000 кг/см². Условия их опытов, даже приблизительно, явно не соответствовали условиям природной обстановки. Поэтому возможна некоторая поправка на глубину, и последняя может оказаться несколько меньше 20 км. Однако едва ли эта глубина окажется меньше 12—15 км. Во всяком случае складкообразование происходило на такой глубине, где сопротивление вышележащей покрышки было настолько велико, что под действием стресса ось максимального растяжения была направлена не вверх, т. е. не вертикально, а почти горизонтально, по азимуту северо-запад — юго-восток, т. е. сопротивление покрышки превосходило то гидростатическое давление, какое существовало в период складчатости.

Складкообразовательный процесс, вероятно, был вызван действием ориентированного давления в направлении северо-восток — юго-запад. Под действием этого давления большая часть материала толщи приобрела способность к пластическому течению, неравномерному движению, в соответствии с разной степенью пластичности слагающих толщу прослоек. Надо думать, что действие давления было неравномерным на разных участках и в результате этого создавались местные очаги максимального оттока материала и местные очаги его нагнетания. Возникновение складчатости обязано именно этому внутрислойному движению. Так как степень пластичности разного состава прослойков была, очевидно, различной, то скорость этого внутрислойного движения была, по всей вероятности, неравномерной. Наиболее подвижным должен был быть материал рудных и силикатных прослойков и относительно менее подвижным — материал кварцевых прослойков. Поэтому в областях нагнетания (в замках складок) относительное содержание рудного и силикатного материала, по сравнению с кварцевым, должно быть выше, чем в крыльях. Однако визуальные наблюдения не показывают заметных различий, что указывает на весьма незначительную дифференциацию материала в процессе складчатости. Вероятно, различия в степени пластичности и подвижности его были незначительными. Вопрос этот нуждается в дальнейшем исследовании.

Складкообразование в неподатливом горизонте слаборудных кварцитов лежачего бока толщи железистых кварцитов развивалось, по всей вероятности, в результате относительного скольжения пластов при том же плане деформации, что и в предыдущем. Об этом свидетельствуют развитые в этом горизонте относительно простые складки и ориентировка их осей и осевых плоскостей, подобная ориентировке складок пластического течения. Но вопрос о степени проявления упругой деформации нельзя считать решенным. Требуется дальнейшее его изучение.

Из предыдущего описания диапироподобной складки может вытекать третий способ (механизм) складкообразования, представляющий сочетание поперечного дифференциального течения материала ядра с двумя предыдущими способами послойного перемещения на периферии складки. Этот вид складкообразования, очевидно, приурочивается к контакту двух весьма разнородных сред (неподатливых слаборудных кварцитов и весьма подвижных сланцев) и является особенностью области этого контакта.

Из сочетания движения по кливажу и послойно вытекает положение о почти одновременном развитии кливажа со складчатостью. Но все же первый, вероятно, несколько отставал во времени, будучи тесно связанным со складчатостью. Такое заключение приходится делать потому, что развивающийся кливаж дает начало развитию сколовых разрывных структур, как бы завершающих собой пластическую деформацию. К этому времени толща железистых кварцитов уже теряет свои пластические свойства, становится жесткой и переходит в стадию разлома, в стадию развития трещинной тектоники. В эту стадию различные системы трещин развивались последовательно при сохранившемся плане деформации.

Получается некоторая последовательность во времени развития складчатых и разрывных форм, что отмечается и по некоторым другим районам развития сплошной складчатости [11, 20].

СХЕМА СТРУКТУРЫ КОРОБКОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

На геологической карте Коробковского месторождения (фиг. 1) мы видим крайне извилистые контуры, которыми отграничивается рудный узел, сложенный железистыми кварцитами от вмещающих его сланцев. Оконтуренная, по данным буровой разведки (частью по данным геофизики), площадь толщи железистых кварцитов имеет коленообразно-изгибающуюся форму, крайне осложненную языкообразными и клинообразными ответвлениями, далеко отходящими от этого изгиба на северо-запад и юго-восток в поля развития вмещающих сланцевых толщ. Соответственно и вмещающие сланцы образуют линейно вытянутые заливы, глубоко вдающиеся в поля развития железистых кварцитов.

Получается своеобразное пальцеобразное сочетание и чередование указанных «ответвлений» и «заливов».

Но несмотря на крайне запутанные контуры площади рудного узла, в ней можно подметить некоторые характерные элементы ее строения. Если на время отвлечься от частных осложнений и представить себе общий контур Коробковского узла, то легко выявляется его флексурообразная форма, имеющая облик сложной флексурной складки, очень сильно изогнутой в своем юго-восточном углу. Среднее крыло этой флексуры, длиной около 1,5 км, имеет восточно-северо-восточное простирание. Оно оказывается очень сильно осложненным отходящими от него

клинообразными выступами и языкообразными и линзовидными ответвлениями. Все эти выступы и ответвления, а равно и два других (краевых) крыла флексуры имеют северо-западное и юго-восточное простирание по азимуту 330—340 и 130—150°, т. е. имеют направление, почти перпендикулярное среднему крылу флексуры. Крайнее северное крыло флексуры, сужаясь с юго-востока на северо-запад, постепенно переходит в более или менее нормальную моноклиналь. Крайнее южное крыло флексуры не разведано; по простиранию на юго-восток оно, повидимому, переходит в линейно вытянутые структуры Салтыковского месторождения. Строение этих крайних крыльев, вероятно, более простое: они почти не имеют тех сложных ответвлений и выступов, которые свойственны среднему крылу флексуры.

Следует отметить, что направления и более крупных структур имеют то же характерное северо-западное простирание. Таковыми являются: линейно вытянутая моноклиналь, идущая от Коробковского месторождения к Лебединскому, западная ветвь Лебединского месторождения, линейно вытянутые структуры Салтыковского месторождения, и, наконец, региональные структуры антиклинория и синклинория.

Посмотрим теперь, насколько эти внешне выраженные формы структуры толщи железистых кварцитов Коробковского рудного поля соответствуют их внутреннему строению. Если мы рассмотрим северное крыло указанной флексуры, то увидим, что линия контакта этой толщи с нижележащими сланцами и отдельные горизонты ее (особенно в нижней части толщи), по данным буровой разведки, прослеживаются по простиранию этого крыла в северо-западном направлении с большим постоянством. В принципе это крыло оказывается близким к моноклинали, по всей вероятности, несколько осложненной мелкой складчатостью и микроскладчатостью. Залегание пластов моноклинали почти вертикальное. Оси мелких складок и микроскладок круто (до вертикального) погружаются на северо-запад под углом 75—90°.

По аналогии можно допустить подобное моноклинальное строение и для южного крыла флексуры, которое простирается в сторону Салтыковского месторождения.

Значительно более сложным строением отличается средняя часть флексуры, имеющая в общем восточно-северо-восточное простирание с ее многочисленными ответвлениями и клиновидными выступами. Материалы наших наблюдений и выборочного картирования подземных выработок рудника, а также данные геологического картирования комбината «Кмаруда» показывают, что общее простирание пластов, если не учитывать мелкой складчатости, различно в разных частях рудника. В юго-западной части они имеют северо-западное простирание, что хорошо видно в I, II и III юго-восточных штреках на —71 и —125 горизонтах. В средней части рудника, где проходят квершлаги Главный и I разведочный, общее простирание пластов близко к широтному, местами слегка отклоняющееся в северо-восточный или юго-восточный румбы. Правда, в Главном квершлаге это общее почти широтное простирание пластов сильно замаскировано мелкой (поперечной) складчатостью северо-западного простирания, однако при внимательном наблюдении в отдельных местах оно выявляется довольно определенно. В самой восточной части рудника в пределах Комсомольского квершлага и восточной части I разведочного квершлага простирание пластов снова становится северо-западным и лишь местами наблюдаются направления, близкие к широтным.

На геологической карте (фиг. 1) мы видим, что юго-западная часть рудника, где пласты имеют северо-западное простирание, расположена

в том месте средней части флексуры, где ответвления и линейно вытянутые заливы особенно глубоко врезаются в нее, в результате чего она как бы разделяется на отдельные части, вытянутые в северо-западном направлении и вследствие этого как бы теряет свое почти широтное восточно-северо-восточное простирание.

В средней части рудника, где пласты простираются почти широтно, тело флексуры становится более цельным и более широким, не имеющим такой интенсивной изрезанности. Кроме того, здесь от него отходит ответвление широтного простирания. Здесь общее простирание пластов соответствует простиранию тела средней части флексуры.

В самой восточной части рудника (и месторождения), где пласты имеют как северо-западное, так и почти широтное простирание, выработки вскрывают крупную складку и здесь простирания пластов в общем соответствуют простираниям крыльев этой складки.

Приведенные данные показывают, что общее простирание пластов толщи железистых кварцитов довольно строго согласуется с простиранием структурных элементов, выделенных на карте. Но в то же время получаются два совершенно различных направления простирания пластов: восток-северо-восточное, согласное с простиранием средней части тела флексуры, и северо-западное, согласное с простиранием ответвлений и выступов от этого тела. Как же увязать между собой эти два направления общего простирания пластов, из которых вторые идут как бы вкрест простирания первых?

Никаких следов дизъюнктивных нарушений, могущих обусловить подобное сочетание простираний пластов, не было установлено. Имеющиеся небольшие нарушения северо-западного простирания, повидимому, не имели здесь существенного значения. В то же время, на примере Главного квершлага мы видели, что вскрываемое им общее, почти широтное простирание пластов сильно осложнено мелкой поперечной складчатостью северо-западного простирания. Простирание последней, таким образом, совпадает с указанным выше северо-западным простиранием пластов в западной части рудника в пределах средней части флексуры и совпадает с простиранием линзообразных ответвлений от этой части флексуры.

Поэтому мы имеем основание сделать предположение о том, что мелкая поперечная складчатость внутренних частей среднего отрезка флексуры к периферии последней постепенно перерастает в более крупную складчатость. Эта дисгармоническая складчатость, разрастающаяся в своих размерах к периферии, и обусловливает образование клиновидных выступов и таких же клиновидных заливов. Такое разрастание косвенно может подтверждаться ранее установленной закономерностью о том, что замки более крупных складок, как правило, последовательно осложняются все более и более мелкими складками. Следовательно, на клиновидные «выступы» и противоположные им по знаку клиновидные «заливы» мы должны смотреть прежде всего как на крупные складки, а на концевые части клиньев — как на замки этих складок. Судя по контурам этих клиньев, можно считать, что угол между крыльями образующих их складок составляет около 30—45°. Следовательно, это довольно закрытые (полузакрытые) складки, но еще далеко не достигшие стадии изоклинального сжатия.

У таких складок, как мы видели ранее, замки не бывают приостренными, а, как правило, имеют плавно изгибающиеся овальные контуры. Поэтому на геологических картах месторождения более правильно изображать эти клинья с овальными (а не с заостренными) концами.

Кроме складчатой структуры, в формировании указанных клиньев могли также принимать участие разрывы, близкие к послойным, присутствие которых наиболее вероятно по контакту железистых кварцитов и выше- или нижележащих сланцев верхнего или нижнего отделов. Но ни природа, ни масштабы развития этих разрывов нам пока не известны.

На фиг. 1 сделана попытка изобразить складчатую структуру одного клиновидного выступа в восточной части месторождения по данным буровой разведки. Хорошо увязываются между собой отдельные горизонты в обоих крыльях складки, образующей этот клин. В этой складке прослеживается довольно выдержанный горизонт слаборудных кварцитов, залегающий в основании толщи железистых кварцитов и обусловливающий плавные и ровные контуры замка ее. Что касается горных выработок, то ни одна из них до сего времени подобных выступов не подсекала и поэтому совершенно достоверного материала о строении последних мы пока не имеем.

Не везде, однако, строение средней части флексуры и отходящих клиньев аналогично описанному выше. В более западных частях этой флексуры, где особенно развиты клиновидные выступы, а само тело отрезка флексуры как бы сходит на нет, все пласты как на периферии, так и внутри толщи железистых кварцитов, по всей вероятности, более или менее одинаково изгибались, образуя крупные складки, лишь в разной степени осложненные в зависимости от состава и мощности образующих пластов. Если в первом случае в строении клиньев участвуют лишь краевые горизонты толщи железистых кварцитов, то здесь по существу в строении их принимает участие вся толща. К сожалению, эти клинья почти не разведаны и никакого фактического материала по их строению в нашем распоряжении нет; в дальнейшем желательно продолжить буровую разведку в этой части месторождения.

Второй структурной разновидностью, осложняющей средний отрезок флексуры, являются довольно узкие и весьма длинные языкообразные и линзообразные ответвления и подобные же им, но противоположно направленные линейно вытянутые, глубоко врезающиеся в тело флексуры «заливы» вмещающих сланцев.

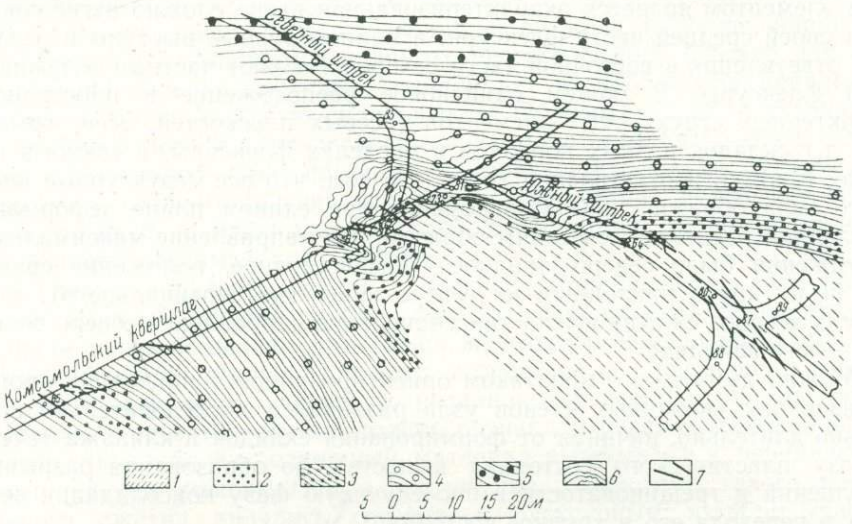
О строении их фактического материала также пока немного. Но один из «заливов», как выше было сказано, подсечен горными выработками рудника, и о строении его имеется довольно достоверный материал, изложенный ранее. В разрезе этого материала мы должны смотреть на строение указанных заливов, как на сильно сжатые складки с явлениями диапирового протыкания и дифференциального перемещения сланцев ядра в замковые области этих складок (фиг. 1 и 7).

По аналогии с этими заливами можно сделать и наиболее вероятное заключение о строении ответвлений. С большой долей вероятности можно считать, что структуры ответвлений представляют собой сильно сжатые складки, обращенные своими замками в противоположные стороны (круто погружающиеся или на голову поставленные синклинали и антиклинали). Замки этих складок, повидимому, очень сильно сжаты до состояния полного расплющивания или выдавливания их во вмещающие сланцы. Крылья складок вытянуты по простиранию ответвлений и очень сильно сжаты, иногда (в линзовидных ответвлениях) до полного выклинивания целых серий прослойков или целых горизонтов. Можно думать, что при этом имели место явления как бы некоторого врезания концов указанных ответвлений (расплющенных замков складок) во вмещающие их сланцы, что также напоминает явления диапиризма.

Имеющая место нацело отчлененная линза в юго-восточной части месторождения, по всей вероятности, представляет подобного рода

ответвление (от севернее расположенной линзы) или очень сильно сжатую складку с нацело пережатыми крыльями. В отчленении этой линзы возможно также участие явлений диагонального срезания и смещения.

В образовании ответвлений возможно также участие почти послойных нарушений и смещений северо-западного простирания, сопутствующих складчатости. Наиболее вероятными местами развития этих нарушений являются контакты ответвлений железистых кварцитов с вмещающими их сланцами.



Фиг. 7. Геологоструктурный план восточной части рудника на —71-ом горизонте.
Составил А. С. Егоров

1 — филлитовые сланцы нижнего отдела; 2 — слаборудные кварциты; 3 — доломито-магнетитовый кварцит; 4 — гематито-магнетитовый кварцит; 5 — гематито-магнетитовый кварцит со щелочным амфиболом; 6 — складчатые структуры слоев; 7 — нарушения

Как же увязать складчатые структуры ответвлений с общей складчатостью флексуры?

При рассмотрении клиновидных выступов мы видели, что в строении тех из них, которые расположены в восточной части рудного узла, принимает участие не вся, а только краевая часть толщи железистых кварцитов; амплитуда же изгиба внутренних пачек толщи постепенно уменьшается. Все наблюдаемые в пределах узла ответвления расположены исключительно в восточной части месторождения и совершенно отсутствуют в западной. Поэтому, по аналогии с клиньями, естественно предположить, что в образовании этих ответвлений принимают участие только краевые горизонты толщи железистых кварцитов, залегающие в лежачем и висячем боках ее. Внутренние же горизонты этой толщи с последовательно затухающими изгибами, не втягиваются в образование ответвлений или втягиваются только частично. Данное положение высказано в порядке предположения и нуждается в проверке фактическим материалом. Косвенным подтверждением может являться то положение, что в составе ответвлений, по данным разведочного бурения, весьма слабо участвуют или даже совершенно отсутствуют гематито-магнетитовые кварциты, составляющие внутренние горизонты толщи. Отсутствует в них и щелочной амфибол, также характерный для внутренних частей продуктивной толщи.

Указанные ответвления можно представлять себе узкоскладчатыми сильно сдавленными волнами весьма большой амплитуды, отходящими от восточной наиболее изгибающейся на юго-восток части среднего отрезка флексуры в юго-восточном и северо-западном направлении и как бы врезающимися (по типу диапиров) в сланцевые породы лежачего и висячего бока.

Рассматривая Коробковский узел в целом, видим, что охарактеризованные отдельные части всего узла структурно увязываются между собой в единую складчатую систему. В этой системе основным структурным элементом является охарактеризованная выше сложно изгибающаяся в своей средней части флексура, а клинообразные выступы и различные ответвления в восточной части ее представляют частные осложнения этой флексуры. В общем одинаковое расположение в пространстве характерных структурных элементов (осевых плоскостей, осей, крыльев и т. д.) складок разных порядков в пределах флексуры, а также в пределах клиньев и ответвлений говорят о том, что все структурные члены этого узла образовались одновременно при едином плане деформации. Последний располагался таким образом, что направление максимального растяжения было северо-западное — юго-восточное, положение средней оси было круто наклонным на северо-запад (до вертикального), а ось максимального сжатия имела тангенциальное направление северо-восточное — юго-западное.

Можно думать, что при таком ориентированном напряжении процесс образования указанных членов узла развивался последовательно и довольно длительно, начиная от формирования складок и кливажа течения в фазу пластического состояния вещества до образования разрывных нарушений и трещиноватости в последующую фазу консолидации вещества и перехода его в хрупкое состояние.

Посмотрим теперь, укладываются ли два направления охарактеризованных продольных (тело флексуры) и поперечных структур, все осложняющие складки, крылья и ответвления в единую схему деформации?

В начале статьи было отмечено, что участок описываемого узла приурочен к периклинальной области, замыкающей региональные структуры (синклинорий в северо-западной части и антиклинорий, в юго-восточной части). Если это так, то оси этих региональных структур должны круто погружаться на северо-запад согласно их простиранию.

Все оси рассмотренных нами местных осложняющих (поперечных) складок, как было указано, круто (до вертикального) погружаются на северо-запад. Поэтому вполне естественно предполагать, что эти оси представляют не что иное, как оси продольных складок второго, третьего, четвертого и т. д. порядков, параллельных главным осям (первого порядка) указанных региональных структур. Следовательно, пространственное положение этих мелких складок в пределах коробковского узла должно совпадать с расположением соответствующих элементов залегания региональных структур. А раз это так, то мы должны считать, что образование и тех и других структур должно происходить при одном плане деформации, т. е. одновременно, в один период складкообразования.

Оси региональных структур с удалением от области замыкания должны выполаживаться. В том случае и оси осложняющих это замыкание мелких складок, в том числе и складок указанного узла, по мере увеличения глубины и удаления к северо-западу (или юго-востоку), насколько позволяет их выдержанность по простиранию, должны также становиться более пологими.

Ярким примером подобного изменения крутизны осей складок по простиранию структур является меридиональная полоса Криворожского железорудного бассейна [21]. В средней (Саксаганской) части его оси всех (крупных и мелких) складок полого (под углом 10—20°) погружаются на север. Севернее, в Первомайском и Анновском районах, эти оси, повидимому, становятся значительно круче. А на севере бассейна, в Желторецком районе, они круто (до вертикальных) погружаются на север.

Указанное выше соответствие пространственного положения крупных региональных складок района и мелких складок Коробковского узла не исключает присутствия поперечных складок и микроскладок вообще.

В частности, присутствие их вполне вероятно в структуре, например, Осколецкого, Салтыковского и других месторождений. Однако для возникновения таких поперечных складок нет необходимости привлекать повторную дополнительную складчатость. Образование их и региональных структур логичнее представлять последовательно в процессе одной фазы складчатости при постепенно меняющемся плане деформации в плоскости главного сечения эллипсоида деформации (изменение положения средней и максимальной осей деформации) и при постоянном направлении максимального сжатия.

Условия складкообразования в пределах Коробковского узла происходили на значительной глубине при довольно высокой температуре и давлении, когда большая часть толщи железистых кварцитов находилась в пластическом состоянии. При этом, вследствие неравномерного воздействия деформирующих усилий и неодинаковой реакции на эти усилия материала в разных частях толщи, возникали участки максимального сжатия, откуда более подвижный материал выжимался и перемещался в направлении максимального растяжения. Областями такого максимального сжатия являлись соседние с флексурным изгибом участки моноклинального строения толщи железистых кварцитов, откуда материал выжимался и перемещался в направлении этой флексуры, обусловливая ее возникновение. Нагнетаемый в область флексуры материал вынужден был собираться в складки разного масштаба, что предопределяло образование всевозможных осложнений в пределах этой флексуры — более мелких изгибов всей флексуры, внутриформационных складок разных порядков, отходящих от флексуры клиньев и ответвлений и т. п. При этом все эти структурные осложнения при своем образовании испытывали неодинаковую степень сжатия и деформации, что приводило к появлению местных мелких очагов максимального выжимания и нагнетания, с одной стороны, а с другой, — к возникновению кливажа течения, разлинзования ответвлений, а затем разрывных нарушений и трещиноватости.

Материал прослойков разных горизонтов толщи обладал разной степенью подвижности. Наибольшей подвижностью обладал, очевидно, материал рудных прослойков, наименьшей — кварцевых. Но в тонких прослойках эта разница почти неощутима. Повидимому, очень слабой послойной подвижностью обладал материал более мощных пластов и прослойков слаборудных кварцитов, образующих самостоятельный горизонт в основании, а, возможно, и в висячем боку толщи железистых кварцитов и маломощные пачки внутри нее. Поэтому мы вправе ожидать, что моноклинальные области выжимания должны быть относительно богаче слаборудными кварцитами и беднее рудным материалом, чем область нагнетания (Коробковского узла).

Последние, таким образом, являются областями некоторой механической концентрации рудного вещества и поэтому представляют больший практический интерес по сравнению с моноклиналями.

Кроме твердого пластического материала, в указанные узлы должны были отжиматься и в них накапливаться также различные минералообразующие растворы, обусловливающие развитие некоторых метасоматических процессов (например, щелочного метасоматоза), в том числе и рудных. К сожалению, на Коробковском месторождении до сего времени пока не установлено метасоматических рудных тел. Но присутствие их здесь вполне возможно, как и в других аналогичных узлах.

Ярким примером может являться Желтореченское месторождение в северной части Криворожского бассейна, которое по структурным особенностям и проявлению метасоматоза является, повидимому, близким аналогом Коробковского месторождения. Здесь метасоматические рудные тела приурочиваются к складчатым структурам, имеют соответствующую сложноскладчатую форму и контролируются этими структурами.

В то же время они пересекаются разрывными нарушениями, что указывает на более раннее их образование. Подобное же строение имеют рудные тела на рудниках Нетесовском, Урсати и др. Есть основания ожидать нахождения подобных рудных тел в пределах аналогичных узлов и на Курской магнитной аномалии.

В пределах КМА узлы, подобные Коробковскому, имеют широкое распространение, но они еще очень слабо выявлены; о присутствии некоторых из них мы можем только предполагать. Наиболее вероятно, что они приурочиваются к местам периклинального замыкания региональных структур.

Ближайшим узлом, аналогичным Коробковскому, является Лебединский узел. К нему, повидимому, применимы многие указанные структурные положения, которые были установлены в пределах Коробковского узла.

ВЫВОДЫ

Изложенный выше материал по структуре толщи железистых кварцитов и отдельных ее частей на Коробковском месторождении позволяет сделать следующие выводы и поставить вопросы, требующие дальнейшего исследования.

1. Сложноскладчатая структура толщи железистых кварцитов Коробковского узла приурочена к области периклинального замыкания региональных (синклинальной и антиклинальной) структур, имеющих северо-западное простирание, и является локальным осложнением моноклинальной структуры этого замыкания. Ввиду крутого (почти вертикального) падения осей всех складок на северо-запад, вся сложная структура этого узла является круто погружающейся в том же направлении.

2. Основной структурной формой узла является флексурный изгиб, общей длиной 3—5 км, среднее крыло которого, имеющее восток-северо-восточное простирание, крайне осложнено дополнительными изгибами и ответвлениями, тогда как два крайних крыла флексуры имеют северо-западное простирание и более простое сложение.

3. Характер изгибов пластов и отдельных горизонтов, слагающих толщу железистых кварцитов, различен в разных частях среднего крыла. В западной части его, по всей вероятности, вся толща в целом более или менее одинаково изгибается в довольно крупные складки (осложненные более мелкими), образуя клиновидные выступы железистых кварцитов во вмещающие их сланцы.

В восточной же части толща в целом не изгибалась так сильно, а в силу дисгармонии приобрела способность к разрастанию (увеличению

масштабов) складок от внутренних частей к ее периферии. Здесь внутренние горизонты толщи собраны в относительно мелкие, зачастую полуоткрытые складки, и почти широтное простирание их, в общем параллельное телу среднего отрезка флексуры, выявляется довольно отчетливо. Ближе к периферии (к лежачему или висячему боку) толщи размер складок, а местами и степень сжатия их, заметно увеличивается и на контактах с вмещающими сланцами складки перерастают в клиновидные выступы или языкообразные и линзовидные ответвления.

4. К элементам складчатой структуры, выраженным на плане (фиг. 1), осложняющим основное тело среднего отрезка флексуры, относятся указанные в предыдущем параграфе клиновидные выступы и многочисленные значительной длины ответвления, отходящие от него к юго-востоку и северо-западу, в сторону подстилающего и кроющего горизонтов сланцев. Последние же (сланцы), в свою очередь, образуют значительной длины рукавообразные заливы, глубоко вдающиеся в тело флексуры между ответвлениями или клиньями.

Как видно из изложенного материала, в основе строения этих ответвлений и заливов лежит изоклинальная складчатость, сопровождаемая явлениями диапирового складкообразования. На ответвления надо смотреть как на сильно сжатые изоклинальные складки, иногда с расплющенными, частью выдавленными во вмещающие сланцы замками и сильно пережатыми крыльями или нацело пережатым одним крылом, местами до полного их отчленения от основного тела флексуры.

В образовании их принимают участие преимущественно краевые горизонты (или части) толщи железистых кварцитов и в меньшей мере срединные. Вследствие этого, а также вследствие наличия указанных пережимов в составе ответвлений часто отсутствуют многие (в особенности внутренние) горизонты толщи. Приконтактовый же горизонт слаборудных кварцитов также, вероятно, не сохраняет своей цельности и подвергается послойному разлинзованию и растаскиванию.

Приводимые положения, как и положения предыдущего параграфа, не являются в должной мере доказанными и нуждаются в последующем обосновании фактическим материалом. Не исключена возможность, что в образовании некоторых ответвлений или клиньев принимали участие также и разрывные нарушения, близкие к послойным, в особенности в тех случаях, когда пережатым (до полного выклинивания) оказывается одно крыло, как это имеет место в более мелких складках.

5. Характерным структурным свойством толщи железистых кварцитов является повсеместное развитие в ней складчатости — от складок разных порядков до мельчайшей складчатости и микроскладчатости. Главной причиной такого интенсивного складкообразования, повидимому, является тонкое многократное переслаивание многочисленных прослойков разного состава (кварцевых, рудных, силикатных) с разными физическими свойствами, которые, находясь в условиях пластического состояния, на деформирующие усилия реагировали по-разному, образуя в результате тонкую и интенсивную складчатость. Этой же причиной объясняется дисгармоничность складчатости. Последняя выражается не только в изменении формы, но и в изменении величины складок — в постепенном увеличении их размеров от внутренних частей толщи к периферии.

Вмещающие указанную толщу сланцевые породы довольно однородны; они не имеют такого тонкого переслаивания разнородных прослойков и поэтому не имеют подобной интенсивной складчатости.

Следует отметить, что слаборудные кварциты, слагающие нижний горизонт толщи, представлены довольно мощными пластами. Поэтому складки в них более простые и более крупные с плавными замками,

а мельчайшая микроскладчатость в них совершенно отсутствует. По этой причине контуры толщи железистых кварцитов в пределах рудного узла (по крайней мере со стороны лежачего бока) не могут быть сильно изрезанными, бахромчатыми, а должны представлять сравнительно плавные образующие линии.

6. При исследовании многочисленных, преимущественно мелких складок разных порядков (разной величины), установлено несколько общих положений, а именно:

а) преимущественное развитие мелких складок в осевых частях более крупных;

б) подобие форм крупных и более мелких складок, расположенных в пределах первых;

в) сходство пространственной ориентировки элементов структуры (осей, осевых плоскостей, крыльев и т. д.) складок разных порядков;

г) выжимание (утонение) прослойков в крыльях складок и увеличение мощности их в замках.

Все это, с большой долей вероятности, позволяет переносить, по аналогии, данные этих положений на более крупные складки и, в частности, на крупные складки ответвлений и клиновидных выступов от основного тела флексуры. В таком случае все эти структурно-складчатые осложнения рудного узла будут иметь общее северо-западное простирание осевых плоскостей и крутой (75—90°) угол падения их осей также на северо-запад.

7. Пространственное положение элементов залегания указанных складчатых структур Коробковского узла, повидимому, аналогично положению в пространстве более крупных структур области замыкания, а также и региональных структур района. В частности, положение в пространстве круто воздымающейся главной оси синклинория (а равно и антиклинория), по всей вероятности, близко к залеганию осей складок данного узла.

Поэтому мы вправе сделать предположение, что складки этого узла являются продольными складками осложнения осевых областей региональных структур и образовались с ними более или менее одновременно при едином плане деформации или (в случае наличия поперечных складок) при изменении этого плана в плоскости главного сечения.

Этот вопрос, как и ряд предыдущих вопросов, нуждается в дополнительных исследованиях.

8. Складкообразование сопровождается кливажем течения, который приурочивается к линейно вытянутым участкам наиболее сжатых крыльев.

В тех случаях, когда крылья складок нацело пережимаются, к ним часто приурочиваются дизъюнктивные нарушения со следами перемещения блоков в почти вертикальном направлении, близком к почти вертикальному направлению осей складок. К этим почти послойным разрывным нарушениям приурочена кварцево-доломитовая и кварцево-доломито-биотитовая минерализация, образующая жилообразные тела с расплывчатыми зальбандами.

Эти нарушения, а также почти вертикальная линейная ориентировка призматических минералов на плоскостях слоистости и кливажа могут указывать на то, что растяжение (передвижение) материала происходило не только по оси максимального растяжения (почти горизонтально), но в незначительных масштабах и по средней оси (почти вертикально).

9. К завершающей стадии процесса складчатости должны быть отнесены имеющие место различные системы трещиноватости (разрывов и сколов), а также наиболее поздние почти горизонтальные послойные

перемещения, приуроченные, как правило, к пластам сланцев или к контактам сланцев с железистыми кварцитами. В это время толща железистых кварцитов вела себя как хрупкая среда.

Более ранние трещины имеют гидротермальную минерализацию или даже заполнены жилами керсантитов, а более поздние трещины и указанные послойные перемещения не содержат никакой минерализации. Местами (изредка) эти незалеченные трещины взаимно пересекающихся систем густо насыщают породу и в таком случае образуются ослабленные брекчиевидные зоны с явлениями незначительного обводнения. Повидимому, более интенсивно обводнены участки послойных перемещений в пластах сланцев, сопровождаемые иногда небольшими зонами смятия или брекчиевидными зонами густой трещиноватости указанного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. и Корбуш И. И. Общие результаты разведочных работ в области Щигровского максимума Курской магнитной аномалии. Труды ОКМА, в. VII, 1926.
2. Белевцев Я. Н. Стратиграфия и тектоника Криворожского бассейна. «Советская геология», 1947, № 11.
3. Белевцев Я. Н. К вопросу о фазах формирования структур криворожской метаморфической полосы. Изв. АН СССР, серия геол. 1952, № 6.
4. Белоусов В. В. и др. Основные вопросы механизма складкообразования. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., т. 22(3), 1947.
5. Белоусов В. В. Послойное перераспределение материала в земной коре и складкообразование. «Советская геология», 1949, № 39.
6. Белоусов В. В. К вопросу о механизме ориентировки минералов в горных породах. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд, геол., т. 25, 5, 1950.
7. Борисов С. Ф., Головина К. В., Кулибаба Ф. В., Плаксенко Н. А., Прозоровский А. А. Подсчет запасов кварцитов Коробковского участка КМА по трем разведочным линиям. Рукопись. 1949. Фонды треста «Курскгеология».
8. Головина К. В., Киссин И. Г., Клагиш Б. Д., Плаксенко Н. А., Прозоровский А. А., Сахарова М. Н. Подсчет запасов кварцитов северной части Коробковского участка КМА (по состоянию на 15/XI 1951 г.). Рукопись. 1951. Фонды треста «Курскгеология».
9. Головина К. В., Киссин И. Г., Плаксенко Н. А., Прозоровский А. А. Подсчет запасов кварцитов южной части Коробковского участка КМА (по состоянию на I.X 1950 г.) Рукопись. 1951. Фонды треста «Курскгеология».
10. Горшков П. Г., Точилин М. С. О пликативных микродислокациях в магнетитовых кварцитах протерозоя района Курской магнитной аномалии. Ученые зап Моск. унив., в. 136, 1949.
11. Кириллова И. В. Некоторые вопросы механизма складкообразования. Труды геофиз. ин-та, № 6 (133). Изд. АН СССР. 1949.
12. Коржинский Д. С., Мушенко А. И., Плаксенко Н. А., Калганов М. И. Краткий отчет по работам 1952 г. и некоторые рекомендации по геологическим исследованиям на КМА. Рукопись, стр. 58. 1952. Фонды ИГН.
13. Котляр В. Н. О генезисе железных руд Кривого Рога. Горный журн. 1953. № 2.
14. Лазаренко Е. К. О гидротермальных образованиях Коробковского участка Курской магнитной аномалии. ДАН СССР, новая серия, т. 42, № 6. 1940.
15. Лучицкий В. И. Петрографическое исследование кристаллических пород района Курской магнитной аномалии. Труды ОКМА, в. VII, 1926.
16. Лучицкий В. И. Стратиграфия докембрия Украинского кристаллического массива. Воронежский кристаллический массив и район Курской магнитной аномалии. «Стратиграфия СССР», т. I. Докембрий СССР. 1939.
17. Плаксенко Н. А. Результаты изучения состава железистых кварцитов на Ястребовском участке КМА. Рукопись, 1951. Фонды треста «Курскгеология».
18. Прозоровский А. А. Геологический отчет и подсчет запасов по Салтыковскому месторождению железистых кварцитов КМА. Рукопись. 1952. Фонды треста «Курскгеология».
19. Русинович И. А. Геологическое строение северо-восточной полосы и генезис железных руд КМА. «Советская геология». 1948, № 28.

20. Сорский А. А. Механизм образования мелких структурных форм в метаморфических толщах архея. Труды геофиз. ин-та АН СССР, № 18/145, 1952.
21. Семененко Н. П. Структура рудных полей Криворожских железорудных месторождений. 1946.
22. Цинзерлинг Е. В. и Шубников А. В. О пластичности кварца. Труды Ломоносовского ин-та АН СССР, в. 3, 1933.
23. Шатский Н. С. О длительности складкообразования и о фазах складчатости. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 1.
24. Шатский Н. С. и Мушенко А. И. Тектоника. Структура района и история развития Воронежской антеклизы. Геология СССР, т. VI. Воронежская и смежные области, ч. I. Геол. описание. Госгеолиздат, 1949.

Н. Ф. АНИКЕЕВА

О ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ ДОКЕМБРИЙСКОЙ ТОЛЩИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Район Курской магнитной аномалии сложен древними докембрийскими образованиями, сильно метаморфизованными и дислоцированными. Докембрийские породы залегают на значительной глубине и покрыты сверху палеозойскими, мезозойскими и другими более молодыми отложениями, в связи с чем докембрий в районе Курской магнитной аномалии совершенно не образует естественных обнажений и вскрыт главным образом буровыми скважинами и горными выработками.

Докембрийские образования представлены толщей метаморфических пород, которая на основании прежних исследований разделяется на нижний, средний и верхний отделы. Докембрийская метаморфическая толща инъицирована гранитоидами, образующими мигматиты, сопровождающиеся жильными дериватами.

В состав среднего отдела докембрийской метаморфической толщи входят железистые кварциты, содержащие прослои метаморфических сланцев различной мощности; последние представлены, в основном биотитовыми микрокристаллическими сланцами, к которым иногда присоединяются амфиболовые сланцы.

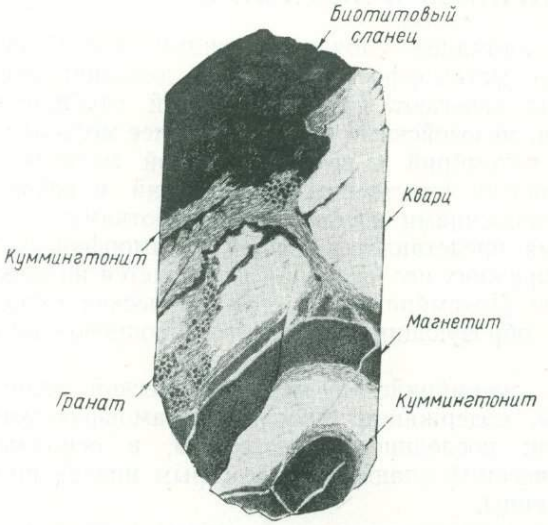
Кварциты среднего отдела представлены несколькими разновидностями, которые различными геологами классифицируются по-разному. Эти разновидности обычно выделяются в зависимости от минералогического состава кварцитов.

При просмотре метаморфических пород, вскрытых некоторыми горными выработками и буровыми скважинами, были установлены следующие разновидности кварцитов, характерные для среднего отдела: магнетитовые кварциты, амфиболовые кварциты, гематитовые кварциты и кварциты, близкие по составу к мономинеральным. Эти разновидности кварцитов переслаиваются между собой, образуя прослои различной мощности — от нескольких сантиметров до нескольких метров. Все они связаны между собой постепенными переходами, причем промежуточные разности, например магнетито-амфиболовые кварциты, гематито-магнетитовые кварциты и так далее, распространены не менее основных типов.

Главными породообразующими минералами, слагающими кварциты, являются: кварц, магнетит, гематит, лучистые и щелочные амфиболы, карбонаты, хлорит. Кроме перечисленных главных минералов, довольно часто встречаются: биотит, гранат, апатит, тальк, пирит и другие минералы.

Далеко не все минералы, слагающие кварциты, образовались одновременно, значительная часть их является продуктом последовательной кристаллизации под влиянием процессов прогрессивного и регрессивного метаморфизма. Это обстоятельство необходимо учитывать при выяснении генезиса кварцитов и для построения правильной классификации.

Одним из наиболее ранних метаморфических образований являются магнетитовые кварциты, состоящие, главным образом, из кварца и магнетита, к которым иногда присоединяется карбонат, представленный доломитом. Эти магнетитовые кварциты характеризуются весьма правильной полосчатой текстурой, отражающей, повидимому, первичную слоистость. Кварц образует в них правильные прослои серого цвета, чередующиеся с правильными темносерыми или черными полосами с металлическим блеском, обогащенными магнетитом. Структура рассматриваемых кварцитов равномернозернистая, с размером зерен около 0,05—0,1 мм. Под микроскопом в агрегатах кварца наблюдается типичная роговиковая (сотовая, торцовая) структура и ровное или слабое волнистое погасание. Магнетит располагается правильными параллельными цепочками зерен, разобщенными между собой зернами кварца. Если присутствует карбонат, то он также располагается правильными узкими полосами, состоящими из агрегатов изометричных зерен с кристаллически зернистой структурой.



Фиг. 1. Прожилки куммингтонита в контакте полосчатого магнетитового кварцита и биотитового сланца. Куммингтонит сопровождается гранатом

Более поздними образованиями, по отношению к магнетиту и кварцу, слагающим магнетитовые кварциты, являются лучистые амфиболы — одни из главных породообразующих минералов амфиболовых и магнетито - амфиболовых кварцитов. Эти кварциты обычно называют куммингтонитовыми кварцитами, благодаря тому, что лучистый амфибол в них часто представлен куммингтонитом $(Mg, Fe)_7 [OH]_2 [Si_4O_{11}]_2$.

Куммингтонитовые кварциты, по сравнению с магнетитовыми кварцитами, характеризуются меньшей правильностью полосчатой текстуры, так как куммингтонит в них не всегда развивается параллельно первичной полосчатости кварцитов, часто образуя неправильные и даже секущие по отношению к полосчатости прожилки (фиг. 1). При тщательном макроскопическом и микроскопическом изучении куммингтонитовых кварцитов устанавливается, что куммингтонит в них образуется метасоматически, замещая другие минералы, в частности магнетит и кварц, которые при этом разрушаются. Окислы железа и кремнезем магнетита и кварца идут на построение молекул куммингтонита; необходимый для куммингтонита магний, повидимому, заимствуется из биотита, биотитовых микрокристаллических сланцев, постоянно присутствующих в виде прослоев в железистых кварцитах. Биотит этих сланцев, в свою очередь, замещается куммингтонитом, образование которого есть следствие метасоматических реакций между магнетитовыми кварцитами и биотитовыми сланцами (см. фиг. 1). Весьма часто одновременно образуется гранат типа альмандина ($3FeO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$), повидимому, за счет Al_2O_3, освобождающегося при разрушении биотита; FeO и SiO_2 необ-

ходимые для альмандина, могут быть в избытке заимствованы из магнетитовых кварцитов. Магнетит, кварц и биотит при рассматриваемых метасоматических реакциях являются реликтовыми минералами, а куммингтонит и гранат — новообразованиями.

При сопоставлении качественного химического состава исходных минералов (K_2O, MgO, FeO, Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2) с химическим составом новообразований (MgO, FeO, Al_2O_3, SiO_2) обращает внимание отсутствие во вновь образованных минералах K_2O и Fe_2O_3, несмотря на наличие их в исходных продуктах (биотит, магнетит). Это говорит о том, что на этой стадии метаморфизма, калий, повидимому, переходит в раствор, становится подвижным и мигрирует. Отсутствие окисного, трехвалентного железа, возможно, является следствием восстановления его до закисной, двухвалентной формы(куммингтонит, альмандин). Восстановительный характер метасоматических реакций, вероятно, связан с переходом части кислорода из твердых фаз — минералов, в раствор с последующей миграцией.

Метасоматические процессы приводят к образованию новых разновидностей кварцитов — куммингтонитовых кварцитов, наряду с которыми за счет прослоев биотитовых микрокристаллических сланцев образуются куммингтонитовые и гранато-куммингтонитовые сланцы.

Повидимому, не всегда в амфиболовых кварцитах образуется железисто-магнезиальный лучистый амфибол — куммингтонит. При значительном содержании в исходных магнетитовых кварцитах карбонатов, представленных обычно доломитом, за счет доломита, магнетита и кварца возможно образование железисто-магнезиально-кальциевого лучистого амфибола-актинолита. При отсутствии биотита и карбонатов в чистых магнетитовых кварцитах вместо куммингтонита и актинолита, вероятно, образуется железистый лучистый амфибол грюнерит (Fe_2SiO_3). Последний был обнаружен в аналогичных докембрийских кварцитах Кривого Рога при систематическом изучении свойственных им лучистых амфиболов. Систематическое изучение лучистых амфиболов железистых кварцитов района Курской магнитной аномалии, возможно, даст те же результаты.

Образование лучистых амфиболов и альмандина, вероятно, связано с одной из стадий прогрессивного метаморфизма, характеризующейся оптимальными условиями для развития этих минералов и сопровождающейся переходом щелочных металлов, в данном случае калия, в растворимое состояние.

Дальнейшее развитие процессов метаморфизма, повидимому, приводит к переходу в растворимое состояние и миграции щелочноземельных металлов и железа. Эти процессы для железистых кварцитов и других метаморфических пород среднего отдела, изученных в районе Курской магнитной аномалии, имели незначительные масштабы. Более интенсивно они проявлены в контактах железистых кварцитов со сланцами, особенно в трещиноватых и перемятых зонах, где, повидимому, было облегчено продвижение растворов. При этих процессах, благодаря переходу щелочноземельных металлов и железа в подвижное, растворимое, состояние, лучистые амфиболы и другие минералы, содержащие железо и щелочные земли, были разложены и метасоматически замещены кварцем. В результате образовались метасоматические безрудные кварциты, близкие по составу к мономинеральным, которые развивались как на месте железистых кварцитов, так иногда и на месте сланцев. Эти «мономинеральные» кварциты являются более поздними образованиями как в отношении магнетитовых, так и в отношении куммингтонитовых кварцитов.

Как уже говорилось, эта разновидность кварцитов среди метаморфических пород среднего отдела, подвергавшихся изучению, имеет незначительное распространение. Они образуют неправильные прослои и участки в некоторых трещиноватых и перемятых зонах в области контактов железистых кварцитов со сланцами. «Мономинеральные кварциты» — плотные породы, состоящие почти исключительно из кварца и имеющие светлосерый цвет и раковистый излом. Текстура их массивная или полосчатая; полосчатость часто неправильная, реликтовая, характеризующаяся расплывчатыми контурами полос. Под микроскопом в них наблюдается роговиковая структура с изометричными зернами кварца, имеющими полигональные очертания; размер зерен колеблется преимущественно от 0,005 мм до 0,05 мм; погасание кварца слабоволнистое. Структура «мономинеральных» кварцитов мало отличается от структуры кварцевых агрегатов более ранних магнетитовых кварцитов. Это, вероятно, связано с тем, что и магнетитовые, и «мономинеральные» кварциты образовались в результате перекристаллизации пород в твердом состоянии под влиянием регионального метаморфизма, но в различные его стадии.

В рассматриваемых «мономинеральных» кварцитах, образовавшихся в более позднюю стадию метаморфизма, под микроскопом иногда наблюдаются проявления палимпсестовых структур и текстур. Наиболее интересной является палимпсестовая структура, выражающаяся в том, что в зернах кварца присутствуют реликты спайности минералов, подвергшихся метасоматическому замещению кварцем при образовании «мономинеральных» кварцитов. Эти реликты спайности представлены параллельными рядами пылинок, располагающимися в зернах кварца; ряды пылинок иногда настолько правильны и отчетливы, что кварц производит ложное впечатление минерала с совершенной спайностью. В некоторых случаях можно установить, что реликтовая спайность принадлежит лучистому амфиболу (куммингтониту), так как наряду с кварцем, в котором присутствуют реликты спайности, в шлифах наблюдаются остатки куммингтонита, неполностью замещенного кварцем (фиг. 2).

Иногда «мономинеральные» кварциты развиваются по прослоям сланцев, присутствующих в кварцитах (фиг. 3).

Выделенные среди кварцитов среднего отдела три группы: магнетитовые кварциты, амфиболовые кварциты и «мономинеральные» кварциты, различаются по времени образования. Группы кварцитов связаны между собой постепенными переходами и формировались под влиянием различных стадий регионального метаморфизма.

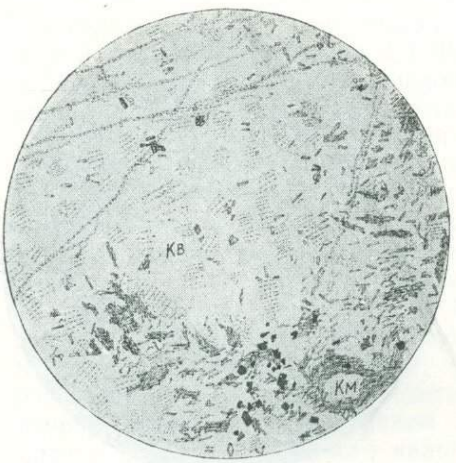
Образование наиболее ранних магнетитовых кварцитов, вероятно, происходило непосредственно за счет слоистых осадочных пород, богатых соединениями железа и кремния.

Амфиболовые, в частности куммингтонитовые, кварциты образовались в результате перекристаллизации более ранних магнетитовых кварцитов, содержавших прослои биотитовых микрокристаллических сланцев. Перекристаллизация эта сопровождалась разложением магнетита, биотита, кварца и некоторых других минералов и возникновением за счет их лучистых амфиболов.

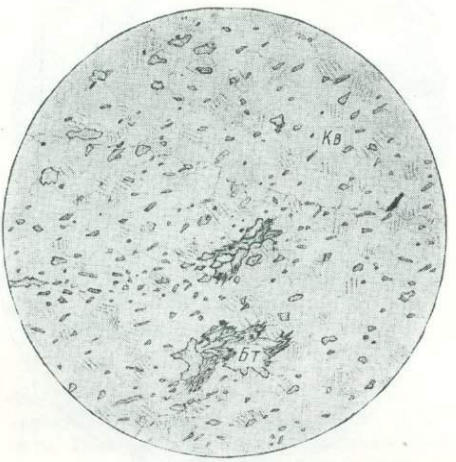
Значительная часть «мономинеральных» кварцитов формировалась как за счет более ранних магнетитовых и амфиболовых кварцитов, так и за счет содержащихся в них прослоев метаморфических сланцев. Связанное с образованием их интенсивное окварцевание, вероятно, носило характер бластеза, перекристаллизации пород в твердом состоянии, но сопровождалось выносом значительного количества породообразующих компонентов (MgO, FeO и др.).

Рассмотренные группы кварцитов, образовавшиеся под влиянием регионального метаморфизма, местами видоизменены последующим минералообразованием, которое, повидимому, связано с регрессивным метаморфизмом и характеризуется локальным распространением.

Более позднее минералообразование, наложенное на вышеописанные кварциты, выражается в развитии прожилков и мелких скоплений магнетита, карбонатизации, образовании альбита, щелочных амфиболов и эгирина, низкотемпературном окварцевании и других процессах, среди которых значительную роль играет гематитизация. Для этих процессов также намечается некоторая последовательность, причем более ранние минеральные ассоциации постепенно сменяются более поздними.



Фиг. 2. Кварцит с куммингтонитом. В кварце (КВ) реликтовая спайность, благодаря метасоматическому замещению куммингтонита (КМ) кварцем. Диаметр поля зрения около 2 мм. Ник. ||



Фиг. 3. Кварц, заместивший прослой сланца. Кварц (КВ) с реликтами спайности. Бт — биотит. Диаметр поля зрения около 2 мм. Ник. ||

Одними из наиболее ранних образований, связанных с регрессивным метаморфизмом, являются мелкие скопления и прожилки магнетита, иногда занимающие секущее положение по отношению к полосчатости кварцитов. Прожилки и скопления магнетита обычно маломощны, измеряются миллиметрами и реже единицами сантиметров и имеют незначительное простирание (фиг. 4). Образование их, повидимому, связано с выпадением из раствора соединений железа, перешедших в растворенное состояние при прогрессивном региональном метаморфизме. Размеры магнетитовых скоплений, образовавшихся в регрессивную стадию метаморфизма, определяются интенсивностью выщелачивания соединений железа на более ранних стадиях метаморфизма (фиг. 5).

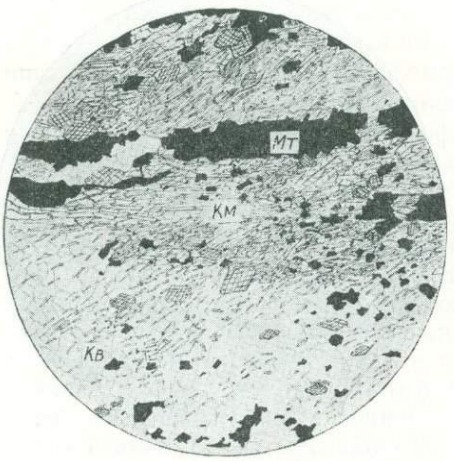
Более значительные масштабы в метаморфической толще среднего отдела имеют явления карбонатизации, выражающиеся как в образовании карбонатных жил, так и в метасоматическом замещении карбонатами, главным образом доломитом, более ранних минералов.

Зоны карбонатного метасоматоза сопровождают карбонатные жилы и прожилки, но иногда имеют и самостоятельное значение, распространяясь на целые участки, мощность которых измеряется несколькими

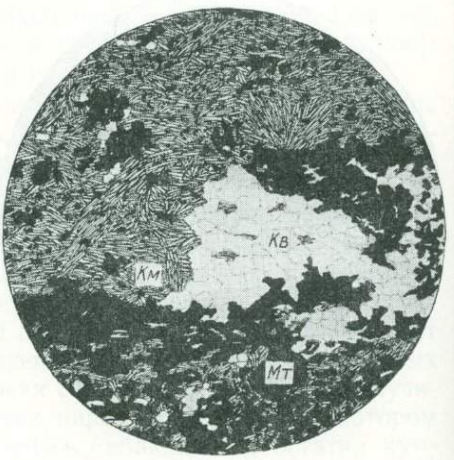
метрами. Форма этих зон обычно неправильная, причем они местами занимают секущее положение в отношении метаморфической толщи. Зоны карбонатизации распространены среди кварцитов и сланцев, чаще среди последних.

Карбонатизация сопровождалась образованием гематита, развивающегося в виде псевдоморфоз по магнетиту или впадающего среди карбонатов в виде пластинок железной слюдки. Иногда с карбонатами развивается хлорит типа пеннина и тальк.

Образование прожилков и мелких скоплений магнетита и карбонатизированных зон, повидимому, связано с циркуляцией железистых и щелочноземельных растворов по трещиноватым зонам и выпадением соединений железа и щелочных земель в виде магнетита и доломита.



Фиг. 4. Мелкие скопления магнетита (Мт) на контакте куммингтонитового (Км) сланца и кварцита (Кв). Диаметр поля зрения около 2 мм. Ник. ||



Фиг. 5. Мелкие скопления магнетита (Мт) неправильной формы, образованию которых, повидимому, предшествовало окварцевание (Кв) куммингтонитовых скоплений. Диаметр поля зрения около 2 мм. Ник. ||

Кроме этих образований, в толще метаморфических пород спорадически встречаются щелочные минералы: эгирин, щелочные амфиболы, альбит и отчасти гидробиотит.

Щелочные амфиболы весьма часто образуют налеты, мелкие скопления и прожилки в трещиноватых зонах, располагаясь также по плоскостям сланцеватости кварцитов. Встречающееся иногда секущее положение прожилков щелочных амфиболов в отношении метаморфической толщи говорит о позднем их образовании. Альбит в виде отдельных кристаллов и агрегатов часто сопровождает зоны карбонатизации и иногда встречается в ассоциации с гидробиотитом. Парагенезис альбита с гидробиотитом свидетельствует об относительно низких температурах его кристаллизации. Параллельно с образованием щелочных минералов, связанных, повидимому, с циркуляцией щелочных растворов, так же как и при процессах карбонатизации, имело место образование гематита и метасоматическое замещение магнетита гематитом.

Поздние стадии регрессивного метаморфизма толщи кварцитов среднего отдела вообще характеризуются интенсивным образованием пла-

вивался как в виде самостоятельных индивидов железной слюдки, так и в виде псевдоморфоз по кристаллам магнетита, метасоматически замещая последний, что говорит об окислительном характере процессов регрессивного метаморфизма.

Рассмотренные выше процессы прогрессивного и регрессивного метаморфизма, под влиянием которых формировались кварциты среднего отдела, вероятно, имеют непосредственную генетическую связь с образованием мигматитов, инъицирующих докембрийские отложения района Курской магнитной аномалии, и с постмагматическими процессами, сопровождавшими формирование мигматитов.

В. С. ДМИТРИЕВСКИЙ и Т. С. КОЛОДИЕВА

О ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОДАХ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ВВЕДЕНИЕ

В предлагаемой статье приводится петрографическая характеристика гранитоидных пород одного из участков Курской магнитной аномалии. Исследование керна послужило материалом для данной статьи. Особенности пород и их взаимоотношения представляют большой интерес с петрологической точки зрения и являются типичными для рассматриваемого комплекса.

Описываемые породы относятся к докембрию и залегают на глубине более 100 м, будучи перекрыты осадочными отложениями палеозоя и мезозоя. Непосредственно под осадочными породами залегают среднезернистый, лейкократовый, биотитовый граниты, подвергшиеся выветриванию.

В кристаллических породах докембрия вертикальной скважиной пройдено 100 м, на протяжении которых были встречены диориты, граниты, сланцы. Эти породы, многократно перемежаясь (было 29 смен пород), занимают по глубине интервалы от 0,2 до 12 м, в среднем 1,5—3 м (фиг. 1).

Гранитам принадлежат относительно несколько более длинные интервалы — 2,5—3 м; интервалы, занятые диоритом, составляют 1,5—2 м.

Среди пород, пройденных скважиной, 39% составляют диориты, 44% — граниты, 16% — сланцы.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Породы диоритового состава

К диоритам нами отнесены породы, в состав которых входят: кислый плагиоклаз, кварц, биотит, реже роговая обманка.

Среди пород диоритового ряда, пройденных скважиной, выделяются:

1) диориты амфиболо-биотитовые, меланократовые, мелко- и среднезернистые;

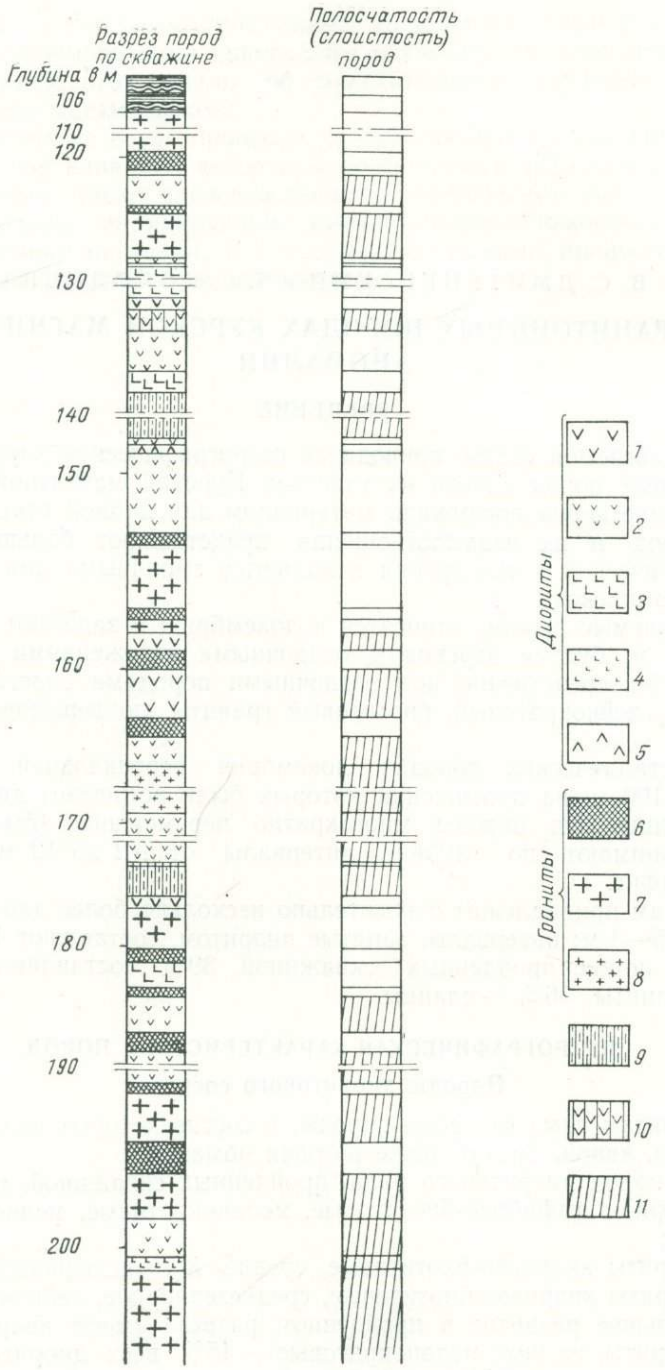
2) диориты кварцево-биотитовые, средне- и мелкозернистые;

3) диориты кварцево-биотитовые, среднезернистые, лейкократовые.

Наибольшее развитие в пройденном разрезе имеют кварцево-биотитовые диориты, из них: меланократовые — 45% всех диоритовых пород и среднезернистые — 31%, амфиболо-биотитовые диориты составляют 21%, лейкократовые диориты играют ничтожную роль — 3% всех диоритовых пород.

Диориты амфиболо-биотитовые, среднезернистые, меланократовые

Макроскопически эти породы темные, по существу черные с ясно выраженной, параллельно ориентированной текстурой. Плоскость послед-



Фиг. 1. Колонка буровой скважины КМА, встретившей граниты и диориты в докембрийской кристаллической толще и прожилки куммингтонита в контакте полосчатого магнетитового кварцита и биотитового сланца. Куммингтонит сопровождается гранатом

1 — диорит кварцевый, биотитовый среднезернистый; 2 — диорит кварцевый, биотитовый, мелкозернистый; 3 — диорит кварцевый амфиболо-биотитовый, среднезернистый (меланократовый); 4 — диорит кварцевый, амфиболо-биотитовый, мелкозернистый (меланократовый); 5 — диорит кварцевый лейкократовый, среднезернистый; 6 — гранит лейкократовый, грубозернистый пегматоидный; 7 — гранит среднезернистый, биотитовый; 8 — гранит мелкозернистый биотитовый; 9 — сланцы биотито-амфиболовые; 10 — полосчатая порода грано-диоритового состава; 11 — положение плоскости полосчатости

ней, располагаясь параллельно оси керна, проходит вертикально. Кристаллы, слагающие породу, выражены неотчетливо, удается лишь заметить игольчатый габитус темноцветного компонента.

Описываемые диориты встречены в четырех местах и составляют 11% всего разреза пород по скважине. Среди же комплекса собственно диоритовых пород они занимают 21%. Интервалы, занимаемые (по скважине) амфиболо-биотитовым диоритом, колеблются в пределах от 0,6—1,4—2,0 до 6,2 м.

В состав описываемых диоритов входят главные минералы: плагиоклаз, роговая обманка, биотит и немного кварца. Акцессорные минералы представлены апатитом и цирконом, вторичные — магнетитом и карбонатом.

Роговая обманка является главной составной частью породы, содержание ее достигает 38%. Кристаллы роговой обманки имеют размеры 1 × 1,5 мм, 0,6 × 1,5 мм, 1 × 1,2 мм, 0,3 × 1,5 мм. Они ориентированы, по удлинению, в одном направлении. Цвет минерала желтовато-зеленый, наблюдается ясный плеохроизм: по Ng — густо голубовато-зеленый, по Nm — голубовато-зеленый, по Np — желтовато-зеленый. Схема абсорбции $Ng \geqslant Nm > Np$. Угол погасания с Ng = 15—17°. Двупреломление 0,026—0,027, что позволяет отнести ее к обыкновенной роговой обманке.

Кристаллы роговой обманки несколько удлиненные. Боковые и конечные грани их неровные, рваные и округло изъеденные от вдающихся в них кристаллов плагиоклаза и кварца, которые замещают роговую обманку. Местами между кристаллами плагиоклаза сохраняются лишь реликты сильно изъеденных резорбированных кристаллов роговой обманки.

Плагиоклаз — зерна его почти изометрично-округлой формы, иногда удлиненные, однако их удлинение редко совпадает с удлинением кристаллов роговой обманки. Размеры зерен плагиоклаза 0,6 × 0,6; 0,6 × 0,5 и 0,6 × 0,3. Контуры их неровные, плавноизвилистые; они вдаются в кристаллы роговой обманки, замещая их. Обрывки находятся в краях кристаллов плагиоклаза. Местами плагиоклаз совершенно вытесняет роговую обманку, образуя сплошные участки. В последних встречается лишь немного биотита и кварца.

Плагиоклаз запылен мелкими округлыми чешуйками биотита: в нем довольно обычны мелкие кристаллики апатита. Он слабо сдвойникован и не во всех зернах его можно видеть двойниковые полоски. Последние по отношению удлинения кристалликов роговой обманки ориентированы различно.

Плагиоклаз относится к андезину № 34—35, содержание его в породе составляет 48%.

Биотит распространен в породе меньше роговой обманки. Содержание его колеблется от 11 до 15%, в среднем 13%. Чешуйки биотита значительно более мелкие, чем кристаллы роговой обманки и плагиоклаза — 0,15 × 0,6, 0,5 × 0,3 мм, основная же масса их много мельче — 0,05 × 0,1 мм. Биотит замещает роговую обманку. Удлинение чешуек биотита совпадает с удлинением роговых обманок; крупные чешуйки его узкими полосками располагаются внутри кристаллов роговой обманки, мелкочешуйчатые агрегаты биотита находятся между зерен плагиоклаза и в краях кристаллов роговой обманки.

Цвет биотита коричневато-бурый, плеохроизм резкий в тех же тонах.

Апатит — мелкие (0,3×0,15—0,07×0,05 мм) короткостолбчатые кристаллики его довольно многочисленны (свыше 20 на шлиф). Они нахо-

дятся в плагиоклазе, биотите и роговой обманке. Циркон редок, более крупные его кристаллы расположены в цветных минералах.

Из других минералов в породе встречаются: эпидот, цоизит, карбонат и магнетит. Выделения последнего, в виде мелких агрегатов, приурочены к стыкам кристаллов роговой обманки и биотита с плагиоклазом, он также встречается и внутри последнего. Чешуйки биотита пересекают зерна цоизита. Отдельные неправильные зерна последнего находятся и среди плагиоклаза. Эти факты создают впечатление, что биотит и плагиоклаз являются более поздними образованиями, чем цоизит.

В структурном отношении для диорита характерна субпараллельная ориентировка кристаллов роговой обманки, у плагиоклаза таковая отсутствует.

В заключение отметим, что в диорите встречаются мелкие (5×6 мм) участки, состоящие из чистого мелкокристаллического (диаметром 0,3, чаще 0,15 мм) кварца. Зерна последнего имеют полигональную, почти изометрическую форму. Между кварцем находятся мелкие ксеноморфные чешуйки биотита, уцелевшие от замещения их кварцем.

Кварц лишен волнистого погасания. Этот кварц в диорите является наиболее поздним по времени образования. По всем своим особенностям он напоминает кварц железорудных кварцитов.

Диориты кварцево-биотитовые, средне- и мелкозернистые

Рассматриваемые породы несколько своеобразны и отличаются от нормальных диоритов структурой и составом. Плагиоклаз в описываемых диоритах несколько кислее, чем в нормальных диоритах. Вместо роговой обманки обычно находится биотит и присутствует большое количество кварца. Отнести эти породы к нормальным гранитам нельзя из-за отсутствия в них калиевого полевого шпата. Признать их за нормальные плагиограниты мешает большое количество биотита; химический же состав этих пород близок к кварцевым диоритам.

Совершенно такого же состава породы были описаны как диориты Тарасенко [1] с Украины и В. Н. Лодочниковым [2] в Воронежской кристаллической глыбе. Мы также считаем возможным условно отнести эти породы к диоритам.

Макроскопически описываемые диориты темносерые, почти черные. В изломе, ввиду большого количества биотита, блестящие. Биотит ясно выделяется на фоне других минералов. Кроме того, в породе можно заметить серый таблитчатый плагиоклаз. В диоритах наблюдается не всегда достаточно резко выраженная полосчатость, обусловленная расположением цветных минералов в одной плоскости. В этой плоскости порода колется несколько легче, чем в других направлениях.

Микроскопические исследования показали, что в составе диорита главными минералами являются: плагиоклаз, кварц и биотит, в качестве второстепенного минерала изредка встречается микроклин, акцессорные минералы представлены цирконом, апатитом и очень редко гранатом; вторичные — серицитом, мусковитом, кальцитом.

В структурном отношении диорит характеризуется следующими особенностями: в породе проходят удлиненные полосы мелкочешуйчатого биотита, между которыми находятся изометрично округлой формы кристаллы плагиоклаза, иногда обволакиваемые биотитом.

В том же направлении, как и биотит, располагаются узкие, более или менее длинные, иногда линзовидные участки агрегатного кварца. Мелкие

(меньше 0,1 мм), округлой формы зерна кварца встречаются в плагиоклазе.

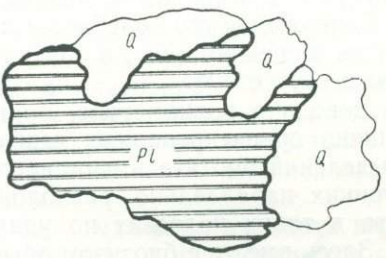
Плагиоклаз слагает основную массу породы. Содержание его колеблется от 51 до 56%, составляя в среднем 54%.

Форма кристаллов неправильнотаблитчатая, почти изометрично-округлая, контуры их нередко неровные, как бы изъеденные. Такая форма кристаллов плагиоклаза является не типичной для нормальных, магматических диоритов, особенно верхнепалеозойского возраста. В типичных диоритах форма кристаллов удлиненно-призматическая.

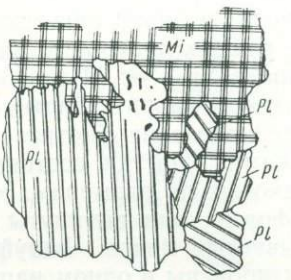
Кристаллы плагиоклаза в диорите являются наболее крупными среди других минералов (от 0,8×0,5 до 1,2×0,9 мм в мелкозернистых, от 1,5×1,0 до 2,2×1,2 мм в крупнозернистых разностях).

Двойники в кристаллах плагиоклаза выражены плохо, а иногда и совершенно отсутствуют. Последнее обстоятельство приходится постоянно иметь в виду, чтобы не спутать в породе плагиоклаз с кварцем.

Состав плагиоклаза колеблется от олигоклаза № 28 до андезина № 32—33, доходя иногда до № 36.



Фиг. 2. Замещение плагиоклаза кварцем в диорите



Фиг. 3. Замещение плагиоклаза микроклином в диорите

Плагиоклаз в большей или меньшей степени обычно серицитизирован или замещается тонкочешуйчатым игольчатым мусковитом. Изредка по плагиоклазу встречается кальцит и тонкочешуйчатый биотит. Некоторые кристаллы его рассечены прожилками тонкочешуйчатого мусковита.

Плагиоклаз явно замещается кварцем, который является более поздним по времени образования минералом по отношению к образованию плагиоклаза (фиг. 2).

Крупные зерна плагиоклаза в стыках с другими минералами нередко перекристаллизовываются в мелкозернистую массу; отдельные же редкие зерна его, в результате перекристаллизации, почти полностью превращены в участки мелкоагрегатного плагиоклаза. Этот последний, в отличие от крупных кристаллов плагиоклаза, не сдвойникован и более свежий.

При ярко выраженном волнистом линейно-полосчатом погасании в породе кварца плагиоклаз этого угасания не имеет. Лишь изредка встречаются кристаллы плагиоклаза со слабым облачным волнистым погасанием.

Плагиоклаз замещается микроклином. Реликты плагиоклаза в виде неправильных, с изъеденными краями удлиненнопризматических и таблитчатых кристаллов находятся в микроклине. Здесь же в зернах плагиоклаза местами встречаются мирмекитовые выделения (фиг. 3).

Кварц в описываемой разности диорита содержится от 21 до 30%, составляя в среднем 28,1%. Он распределен в породе кучно, вытянутыми линзовидными участками и полосками между зернами плагиоклаза.

Ориентированные параллельно друг другу и полоскам биотита полоски кварца вместе с последним подчеркивают полосчатую текстуру породы.

Размеры участков кварца колеблются от 1,1×0,3 до 2,0×0,7 мм. Каждый такой участок состоит из агрегата более мелких зерен кварца.

Сопоставление зерен кварца крупнозернистого и мелкозернистого диоритов показало, что размеры их практически идентичны.

Форма зерен кварца удлиненная, неправильно-овальная и неправильная. Контуры зерен неровные, плавнозвилистые. Зерна кварца с пильчатыми, зубчатыми краями почти не наблюдаются. Для всех зерен кварца типично линейно-полосчатое волнистое погасание.

Кварц, как указывалось выше, замещает плагиоклаз.

Микроклин, как правило, в диоритах отсутствует. Лишь иногда можно встретить два—три небольших зерна этого минерала в шлифе. По отношению к другим минералам микроклин является новообразованным; узкие каемки и зерна его выделяются в стыке плагиоклаза и кварца, плагиоклаза и биотита. Микроклин, в отличие от плагиоклаза, всегда свежий.

Биотит в диоритовых породах, наряду с плагиоклазом, является наиболее распространенным минералом. Содержание его колеблется в широких пределах — от 11 до 23%, составляя в среднем 17%, и только в лейкократовом диорите биотит практически отсутствует.

Распределение биотита в породе довольно равномерное, но кучное, участками. Участки состоят из различно ориентированных чешуек, неодинаковых по размерам. Участки выделений биотита имеют неправильную форму, они вытянуты в виде тонких параллельно расположенных прерывистых полос. Чешуйки биотита в таких полосках по удлинению ориентированы в одном направлении. Здесь вместе с биотитом обычно находятся и чешуйки мусковита, который образуется за счет изменения биотита.

Биотит нередко окружает кристаллы плагиоклаза, располагаясь между его зернами, как бы обволакивая их.

Мельчайшие округлой формы чешуйки биотита (0,01 мм) нередко рассеяны внутри зерен плагиоклаза. Размеры участков сплошного биотита колеблются от 0,7×0,7 до 1,1×1,0 мм.

В этих участках встречаются наиболее крупные чешуйки биотита, а биотит, находящийся вне этих участков, мелкочешуйчатый.

Чешуйки биотита в мелкозернистом диорите несколько мельче (0,1 мм^2), чем в крупнозернистом (0,3 мм^2), причем в последнем они длиннее.

Крупные чешуйки биотита распадаются на более мелкие (особенно ярко это видно в породе, подвергшейся изменению) и последние, вместе с мусковитом, заключены в плагиоклазе. Конечные грани чешуек биотита нередко бывают рваными, как бы расщепленные и напоминают концы разломанной лучины.

Цвет биотита темнозеленовато-бурый. В разных участках породы он имеет несколько отличный оттенок. Плеохроизм ясный, в тех же тонах. Схема абсорбции биотита обычная.

В биотите обычно находятся апатит и циркон. В одном из образцов вместе с биотитом, образующим сплошные участки, встречаются неправильной формы выделения магнетита.

Биотит замещается кое-где мусковитом, он замещается также и кварцем (фиг. 4) и плагиоклазом.

Характерно, что среди участков сплошного выделения кварца биотит отсутствует, а обрывки и корродированные чешуйки его встречаются в

плагиоклазе. Все это показывает, что биотит замещается кварцем и плагиоклазом.

Вместе с биотитом кое-где встречается кальцит и минералы эпидот-цоизитовой группы.

Циркон в описываемых диоритах находится в меньшем количестве, чем апатит. Зерна его меньше 0,1 мм. Циркон находится обычно в биотите, реже в кварце и плагиоклазе.

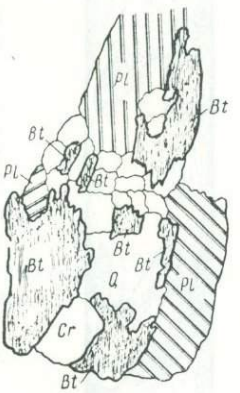
Апатит является наиболее распространенным акцессорным минералом в диоритовых породах. Размеры его кристаллов мельче 0,1 мм. Он находится преимущественно среди биотита, реже — микроклина. В некоторых образцах его встречается до 10 зерен на шлиф.

Гранат исключительно редок и не является типичным минералом диоритовых пород.

Тонкочешуйчатый мусковит (и серицит) — наиболее распространенный минерал среди вторичных продуктов. Он развивается по плагиоклазу и отсутствует в микроклине. Чешуйки мусковита (серицита) имеют удлиненно-игольчатую форму.

Нередко игольчатые чешуйки серицита и мусковита в плагиоклазе располагаются ориентированно, в двух взаимно перпендикулярных направлениях, будучи вытянутыми вдоль плоскости двойникования плагиоклаза и под углом 45° к ней.

Мелкие выделения кальцита изредка встречаются в биотите и плагиоклазе, в отдельных зернах которого кальцит образует тонкие прожилки.



Фиг. 4. Замещение биотита кварцем в диорите. Разъединенные чешуйки биотита сохраняют общую оптическую ориентировку

При просмотре количественных соотношений минералов в описанных диоритах установлен интересный факт: количество плагиоклаза (подсчитанное в двух десятках шлифов) почти не изменяется, составляя 51—55%.

Содержание же кварца почти в каждом шлифе разное и колеблется от 20 до 35%; то же относится и к биотиту, колебание которого выражается в пределах от 11 до 23%.

Эта особенность может быть объяснена только тем, что кварц и биотит являются минералами наложенными. Они образовались после плагиоклаза и роговой обманки, замещая первичный цветной минерал породы; для биотита это будет роговая обманка, а для кварца — и биотит.

Диориты кварцевые, лейкократовые, средне- и мелкозернистые

К лейкократовым диоритам нами отнесены бывшие диоритовые породы, в которых цветной компонент, вследствие его растворения и выноса, отсутствует.

Лейкократовые диориты встречаются редко, составляя всего 2—3% разреза пород по скважине.

Являясь продуктом переработки как роговообманковых, так и кварцево-биотитовых диоритов, они располагаются среди последних, образуя жилоподобные тела небольшой мощности — 0,1—0,5, редко до 1 м, им сопутствуют мелкие жилки (фиг. 5).

Жилоподобные тела лейкократовых диоритов залегают довольно круто, образуя с осью керна угол 45—60°. Положение их относительно полосчатости породы неясно, но мелкие жилки секут ее.

В лейкократовых диоритах полосчатость не наблюдается, так как здесь нет цветного компонента, который определяет ориентированную текстуру породы.

Лейкократовые диориты выделяются среди нормальных светлосерым почти белым цветом. Контакт их с вмещающими, нормальными диоритами довольно резкий. Микроскопические исследования показывают, что четкой линии контакта между породами нет. Она определяется границей расположения в породе цветного минерала, а также развитием кварца в лейкократовой разности.



Фиг. 5. Полосы лейкократового диорита (светлое) в меланократовом амфиболовом диорите (темное). Зарисовка керна

Лейкократовые диориты, образовавшиеся из роговообманковых диоритов, состоят из плагиоклаза и кварца, в небольшом количестве присутствует биотит. Количественные соотношения главных минералов, подсчитанные непосредственно в контакте обеих разностей диоритов (роговообманкового и лейкократового), приводятся в табл. 1 (в %).

Плагиоклаз представлен андезином № 32—36, кристаллы его неправильно-таблитчатые, слабосдвойникованные. Вследствие врастания в плагиоклаз зерен кварца контуры его неровные, плавноизвилистые.

Плагиоклаз свежий, но в нем обычны мелкие (и мельчайшие) округлые чешуйки биотита и изредка встречаются мелкие реликты роговой обманки.

Размеры зерен плагиоклаза в лейкодиоритах крупнее роговообманкового диорита, это наглядно видно из табл. 2.

Кварц в лейкодиорите является вторым по своему значению компонентом. Содержание его резко колеблется. Местами он почти отсутствует. Замещая плагиоклаз, кварц образует среди него неправильные, обычно вытянутые участки, размером 0,5 × 1,5—2 мм, 1 × 1,5—2—3 мм.

Последние сложены мелкими зернами кварца, размером 0,1×0,1 мм, 0,2×0,2 мм, 0,3×0,5—0,6—2 мм. Зерна кварца ксеноморфные с ярко выраженным линейно-полосчатым волнистым погасанием.

Таблица 1

Минералы	Роговообманковый диорит (среднее)	Пределы колебаний	Лейкократовый диорит (среднее)	Пределы колебаний
Плагиоклаз	34	20—47	60	50—80
Роговая обманка . . .	46	40—60	—	—
Биотит	18	8—24	10	2—10
Кварц	2	0—5	30	18—40
Всего . . .	100		100	

Биотит представлен более мелкими реликтовыми чешуйками, чем в нормальном диорите. Они изредка встречаются между кристаллами плагиоклаза и кварца.

Характерно, что в лейкократовом диорите почти не встречается апатит, который довольно распространен в роговообманковом. Изредка

здесь можно встретить лишь мелкие реликтовые зерна цоизита, карбоната и магнетита.

Лейкократовые диориты, образовавшиеся из кварцево-биотитовых диоритов, отличаются от последних отсутствием биотита и развитием в них микроклина и мусковита.

Таблица 2

Размеры зерен плагиоклаза в диоритах (в мм)	
роговообманковый диорит	лейкократовый диорит
$0,5 \times 0,5$	$0,4 \times 0,5$—$0,7 \times 0,8$
$0,6 \times 0,6$	$0,7 \times 0,6$–$0,9 \times 1,1$
	$0,8 \times 0,8$—$1,0 \times 1,7$
	$1,0 \times 0,8$—$1,5 \times 1,7$

Сравнительные данные количественного состава минералов этих пород, подсчитанные непосредственно в контакте биотитового и лейкократового диоритов, приводятся в табл. 3 (в процентах).

Таблица 3

Минералы	Минералогический состав диоритов	
	кварцево-биотитового	лейкократового
Плагиоклаз	47,8	52,8
Микроклин	—	6,9
Кварц	28,4	37,8
Биотит	23,8	—
Другие	—	2,5
Всего . . .	100,0	100,0

В описываемом лейкодиорите по биотиту развивается мусковит. Чешуйки его более мелкие, чем биотита, края их неровные, сильно изъеденные, а концевые граниты расщепленные. У некоторых чешуек наблюдаются как бы кружевные (симплетические) оторочки. Эти особенности чешуек мусковита (и биотита) указывают на процесс его растворения. В лейкодиорите встречается мирмекит. Местами в породе видна перекристаллизация крупных кристаллов микроклина в мелкозернистую массу.

Сравнительное изучение размеров кристаллов в биотитовом и лейкократовом диоритах показало, что величина зерен плагиоклаза при растворении биотита процессам изменения не подвергалась.

В лейкодиорите зерна кварца несколько крупнее, чем в биотитовом, а реликтовые чешуйки биотита в 2,5 раза мельче, чем в нормальном.

Зерна микроклина примерно одинаковых размеров с кварцем и плагиоклазом.

Все приведенное выше дает основание придти к следующему выводу: лейкократовые диориты образуются из нормальных диоритов под действием метасоматоза, в процессе которого цветной минерал практически растворяется нацело, плагиоклаз же (возможно несколько замещаясь кварцем) сохраняется почти в том же количестве.

Исходный минералогический состав диоритов отражается на составе лейкократовых их разностей.

Гранитные породы

Граниты описываемого участка отличаются от диоритов присутствием в их составе микроклина как основного минерала. Содержание плагиоклаза и биотита в них значительно меньше, а кварца несколько больше, чем в диоритах.

Среди гранитов по составу и структуре выделяются две разности:

1) граниты биотитовые, микроклиновые, мелко- и среднезернистые;

2) граниты грубозернистые лейкократовые, светлосерые, пегматоидные.

Как это было отмечено выше, граниты составляют 44% всего разреза пород, пройденных скважиной. Среди них большее развитие имеют биотитовые, мелко- и среднезернистые граниты, меньшее — граниты пегматоидные.

На протяжении всего разреза по скважине различные разности гранитов перемежаются с другими породами 19 раз. Чаще, но мелкими интервалами 0,5—1,0 м встречаются крупнозернистые, лейкократовые, пегматоидные граниты. Биотито-микроклиновые (нормальные) граниты более редки, однако интервалы, занимаемые ими, более длинные—2—4 м, в отдельных случаях они достигают 14 м.

Среди гранитов, пройденных скважиной, нормальные биотито-микроклиновые граниты составляют 80%, а пегматоидные — 20%.

Граниты биотито-микроклиновые, средне- и мелкозернистые

Рассматриваемые граниты являются лейкократовыми, так как содержание в них цветного компонента — биотита, составляет всего 1—2%.

Макроскопически граниты грязносерого цвета, иногда с розоватым оттенком, средне- и мелкозернистые, с ясновыделяющимся биотитом, параллельное расположение чешуек биотита создает полосчатую текстуру породы.

Микроскопические исследования показали, что главными минералами рассматриваемых гранитов являются плагиоклаз, микроклин, ортоклаз (или нерешетчатый микроклин), кварц, биотит: акцессорные—апатит; вторичные—мусковит, серицит.

Плагиоклаз в гранитах составляет от 29 до 36%, в среднем — 32%. Он относится к олигоклазу № 28—30. Кристаллы плагиоклаза неправильно-таблитчатой формы, с неровными, извилистыми краями. Размеры их различны; в мелкозернистых гранитах от 0,3 до 1,2 м (в среднем 1,2 мм), а в среднезернистых — от 0,7 до 3,8 мм (в среднем 1,5 мм). Плагиоклаз часто не сдвойникован, он замещается тонкочешуйчатым игольчатым мусковитом, ориентировка чешуек которого различна.

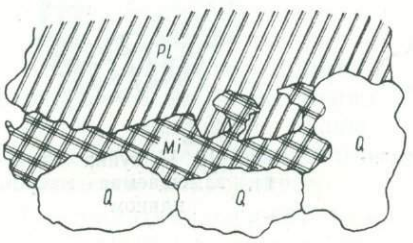
Местами, в стыке крупных кристаллов плагиоклаза с кварцем, можно наблюдать тонкие каемки новообразованного плагиоклаза, в отличие от плагиоклаза породы, — свежего, не затронутого процессами серицитизации.

Микроклин содержится в породе в таком же количестве, как и плагиоклаз (от 30 до 36%), составляя в среднем 33%. Форма кристаллов неправильно-таблитчатая и неправильная. Размеры различные: более мелкие — в мелкозернистом граните ($0{,}5 \times 0{,}7 = 0{,}4$ мм^2) и крупные — в среднезернистом ($0{,}9 \times 1{,}3 = 1{,}2$ мм^2). Микроклин довольно равномерно

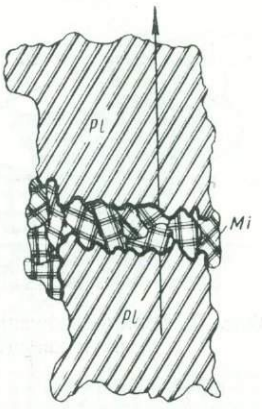
распределен по породе. В отличие от плагиоклаза, характеризуется свежестью, в нем нет вторичных минералов.

В рассматриваемых гранитах исключительно интересны взаимоотношения микроклина с другими минералами.

Микроклин явно замещает плагиоклаз. Это особенно хорошо можно видеть там, где микроклин в виде каемок выделяется в стыке кварца и плагиоклаза, в который он впадает языками (фиг. 6).



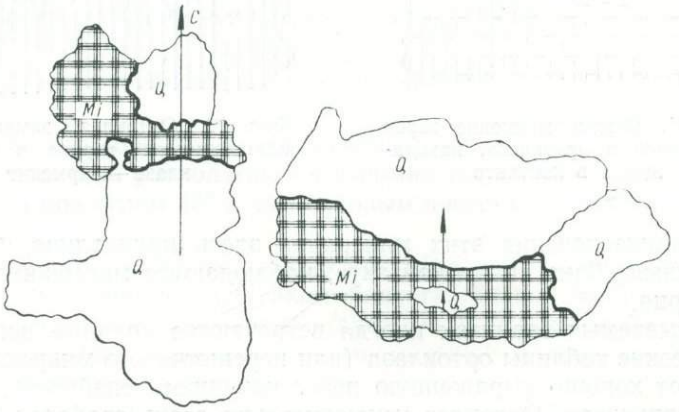
Фиг. 6. Выделение микроклина в стыке кварца и плагиоклаза с замещением последнего



Фиг. 7. Замещение мелкозернистым микроклином плагиоклаза

Местами мелкокристаллический микроклин в виде жилок пересекает отдельные зерна плагиоклаза (фиг. 7).

Кое-где можно видеть, что кварц замещается микроклином. Эти взаимоотношения минералов показаны на фиг. 8. Здесь видно находящееся среди микроклина небольшое зерно кварца, оно является частью крупного зерна кварца, находящегося выше, так как оба зерна имеют совершенно одинаковую оптическую ориентировку.

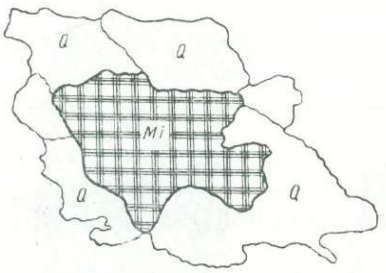


Фиг. 8. Замещение кварца микроклином

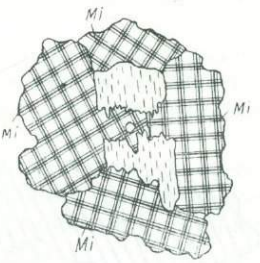
Очень редко встречаются и обратные взаимоотношения, когда зерна микроклина пересекают мелкие выделения кварца.

Когда микроклин сплошь окружен зернами кварца, граница между которыми неровная, извилистая (фиг. 9), остается совершенно невыясненным, замещает ли здесь кварц микроклин.

Микроклин замещает биотит, однако эти взаимоотношения удается наблюдать редко. На фиг. 10 ясно видно, что чешуйка биотита разъедена поперек спайности микроклином. Края чешуек в месте разъедания неровные, как бы расщепленные. Небольшой клочок этого биотита сохранился в микроклине между чешуек. Оптическая ориентировка разъеденных чешуек биотита сохраняется. Это показывает, что чешуйка не разорвана механически, а разъединена вследствие замещения.



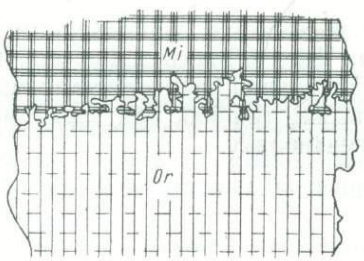
Фиг. 9. Взаимоотношения микроклина и кварца



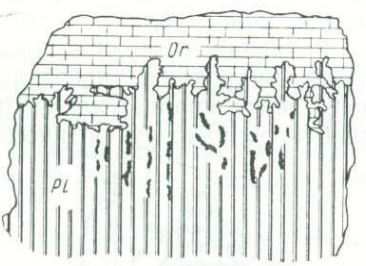
Фиг. 10. Чешуйка биотита, замещаемая микроклином

Крупные кристаллы микроклина местами перекристаллизовываются в мелкозернистую массу (размер зерен которой меньше 0,1 мм).

В стыке крупных кристаллов плагиоклаза с микроклином последний как бы корродирует плагиоклаз и вдается в него неровными языками.



Фиг. 11. Взаимоотношение зерен микроклина и ортоклаза, находящихся в контакте



Фиг. 12. Ортоклаз, замещаемый плагиоклазом, черное в плагиоклазе — мирмекит

Линия соприкосновения этих минералов здесь причудливо извилистая. В плагиоклазе, близ линии контакта, наблюдаются мирмекитовые выделения кварца.

В описываемых гранитах иногда встречаются крупные неправильноизометрические таблицы ортоклаза (или нерешетчатого микроклина). Минерал имеет хорошо выраженную пересекающуюся спайность, характерную для ортоклаза. Ортоклаз исключительно свеж, свободен от вторичных минералов. Местами он слабо пертитизирован, пертит волокнистый.

Взаимоотношения ортоклаза с другими минералами также достойны внимания. Ортоклаз замещается кварцем, который в виде узких неправильных языков вдается в него. Своеобразны, но недостаточно понятны взаимоотношения ортоклаза с микроклином (фиг. 11).

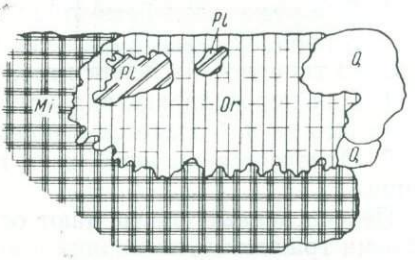
Граница их соприкосновения неровная, извилистая. Если исходить из того, что в ортоклазе иногда встречаются реликты замещенного им

плагиоклаза, то можно сделать вывод, что ортоклаз замещается микроклином (фиг. 12, 13).

Приведенный факт показывает, что калиевый полевой шпат выделялся в породе в двух модификациях, при этом образование обоих минералов было позже плагиоклаза.

Кварц в описываемых гранитах содержится от 27 до 36%. Распределение кварца в породе неравномерное, кучное, в виде полосок и линзовидных участков, они располагаются в одном направлении почти параллельно друг другу. Участки образованы мелкими зернами кварца размером $0{,}5\times0{,}3=0{,}2$ мм^2; $0{,}5\times0{,}6=0{,}3$ мм^2 и $0{,}5\times0{,}8=0{,}4$ мм^2.

Размеры зерен кварца в мелко- и среднезернистых гранитах почти одинаковы. Кристаллы кварца ксеноморфные, гранобластические, контуры их неровные, плавно извилистые. Он обладает резко выраженным линейно-полосчатым волнистым погасанием. Кварц замещает плагиоклаз, ортоклаз, биотит и, возможно (в виде жилок), микроклин, однако создается впечатление, что местами кварц замещается микроклином.



Фиг. 13. Взаимоотношения микроклина и ортоклаза, в последнем находятся реликты плагиоклаза

Биотит в гранитах содержится от 1,2 до 4%, составляя в среднем 2,4%. Чешуйки биотита мелкие, размером от $0{,}1\times0{,}2=0{,}2$ мм^2 до $0{,}2\times0{,}5=1{,}0$ мм^2. Они располагаются кучно, в виде прерывистых полосок, которые ориентированы в одном направлении.

Биотит окрашен в буровато-зеленый цвет, плеохроирует в тех же тонах, схема абсорбции $Ng = Nm > Np$.

Конечные грани чешуек биотита неровные, края их как бы варные, расщепленные. Эти факты указывают на растворение биотита. Биотит нередко замещается мусковитом и мелкозернистыми выделениями кварца. Вместе с биотитом встречаются апатит, циркон и изредка гранат.

Мусковит как вторичный минерал развивается по плагиоклазу и биотиту.

Мусковит, находящийся в плагиоклазе, образует мельчайшие игольчатые чешуйки. Они располагаются взаимно параллельно, будучи ориентированными под углом 45° к двойниковым швам плагиоклаза или параллельно им.

Мусковит, развивающийся по биотиту, образует более крупные чешуйки, равные по размерам чешуйкам биотита. Концы чешуек мусковита неровные, расщепленные, а местами здесь образуются как бы кружевные оторочки. Этот факт указывает на растворение мусковита. Изредка в гранитах встречается кальцит.

В структурном отношении для породы характерно прерывистополосчатое почти параллельно ориентированное расположение биотита и вытянутых в том же направлении полосок и линзовидных участков мелкоагрегатного кварца. Оба эти минерала располагаются между относительно крупными кристаллами, имеющими неправильно таблитчатую форму, плагиоклаза и микроклина; контуры последних неровные, извилистые.

При ярко выраженном волнистом погасании кварца остальные минералы описанной породы его не обнаруживают.

Граниты пегматоидные, крупнозернистые, лейкократовые и светлосерые

Пегматоидные граниты, как было указано выше, составляют 8% всего разреза пород скважины. Мелкими интервалами 0,5—1 м они были пройдены скважиной 11 раз.

Эти граниты не обладают графической структурой, поэтому название их не должно вводить нас в заблуждение относительно их структуры. Может быть правильнее было бы называть их просто «крупнозернистые лейкократовые граниты» без приложения «пегматоидные». Однако, давая такое название этим гранитам, мы исходили из следующего.

1. Породы эти, повидимому, залегают в виде жильных тел, это подтверждается многократным пересечением пород скважиной при небольшой мощности.

2. Они резко воздействуют на вмещающие их породы.

3. В породах резко выражены процессы взаимозамещаемости минералов, что типично для пегматитов.

4. Для пород характерна крупная, а местами грубозернистая их текстура, что не наблюдается в нормальных магматических породах.

5. Отмечается наличие, хотя и очень слабой, сульфидной минерализации.

Перечисленные факты дают основание называть эти породы пегматоидными гранитами.

Макроскопически эти граниты весьма типичны; они характеризуются светлосерым розоватым цветом, крупнозернистым сложением и отсутствием полосчатости. Иногда в них встречаются крупные (1,5—2 см) выделения биотита.

Основными минералами пегматоидных гранитов является микроклин и кварц, содержание плагиоклаза изменчиво, обычно его меньше, чем микроклина.

В породе встречаются единичные чешуйки биотита, мусковит и кальцит.

Микроклин образует решетчатые выделения неправильно таблитчатой формы, реже изометрично таблитчатые. Контуры последних неровные, извилистые. Размеры кристаллов микроклина достигают 10 см^2. Минерал отличается свежестью, чистотой.

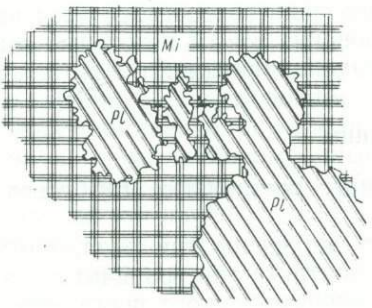
В описываемых гранитах микроклин обычно замещает плагиоклазы, являясь более поздним по времени образованием. На фиг. 14 ясно видны разобщенные зерна плагиоклаза, с сильно извилистыми корродированными краями, заключенные в крупном кристалле микроклина. Отдельно лежащие в микроклине зерна плагиоклаза являются частью крупного кристалла плагиоклаза, находящегося в правом углу рисунка. Все эти зерна плагиоклаза строго сохраняют общую оптическую ориентировку.

Микроклин замещает зерна кварца, реже имеют место обратные взаимоотношения.

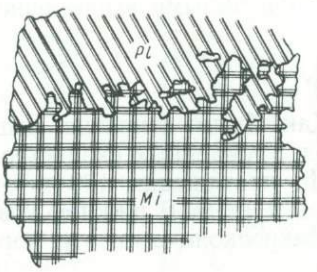
В отдельных случаях понять взаимоотношения микроклина с плагиоклазом довольно трудно. Такой случай воспроизведен на фиг. 15. При наблюдении этих взаимоотношений можно сделать вывод, что плагиоклаз замещает микроклин, так как мелкие участки микроклина находятся в плагиоклазе близ их стыка. Положение этих участков дает основание считать их отторженцами от основного зерна микроклина. К тому же оптическая ориентировка большого зерна микроклина и его участков в плагиоклазе одна и та же.

Вместе с тем их можно рассматривать и как зарождающиеся участки микроклина в плагиоклазе, которые соединяются с крупным зерном микроклина, находящегося внизу рисунка (фиг. 16).

Высказанное предположение наглядно можно видеть на фиг. 16. Среди большого зерна микроклина лежит кристалл плагиоклаза, частично



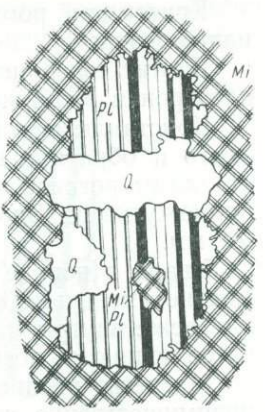
Фиг. 14. Реликты крупного зерна плагиоклаза (сохранившие общую оптическую ориентировку) в микроклине. Пегматоидный гранит



Фиг. 15. Взаимоотношения плагиоклаза с микроклином. Пегматоидный гранит

замещаемый кварцем. Судя по контурам кристалла плагиоклаза, сглаженным его углам, извилистым и неровным очертаниям в стыке с микроклином, можно полагать, что плагиоклаз здесь (вместе с кварцем) с краев и внутри кристалла замещается микроклином. Находящееся в плагиоклазе небольшое выделение микроклина имеет ту же самую оптическую ориентировку, что и крупное зерно микроклина, вмещающее плагиоклаз. Этот факт дает основание считать, что микроклин в плагиоклазе и микроклин крупного зерна составляют одно целое.

В описываемой породе наиболее крупные кристаллы микроклина (1 см и более) замещаются кварцем, который располагается в них полосками. Микроклин и полоски кварца пересекаются полосками тонкозернистой массы из микроклина, кварца и плагиоклаза, а также полосками, состоящими только из микрозернистого микроклина; они являются продуктом его перекристаллизации. Местами крупные кристаллы микроклина окружаются агрегатом мелкозернистого микроклина и плагиоклаза.



Фиг. 16. Взаимоотношения плагиоклаза, кварца и микроклина в пегматоидном граните. Кварц замещает плагиоклаз, а оба они замещаются микроклином

Кварц в породе распределен кучно, в виде неправильных участков. Форма зерна кварца неправильная, иногда овальная, размером 0,5—0,8 мм², контуры зерен плавно извилистые. Кварц имеет линейно-волнистое погасание.

Плагиоклаз образует кристаллы неправильно-таблитчатые с изъеденными неровными краями размером 1—1,5 и 5—2 мм. Реликты плагиоклаза встречаются в микроклине. Наблюдается перекристаллизация плагиоклаза в мелкозернистую массу. Мелкозернистый плагиоклаз в виде жилок находится в кристаллах микроклина.

Биотит очень редок (3—4 чешуйки на шлиф), размер их меньше 0,1 мм, цвет биотита буровато-зеленый.

Мусковит в породе развивается по плагиоклазу, чешуйки его ориентированы различно.

Из акцессорных минералов иногда встречаются мелкие (до 0,1 мм) зерна апатита.

Охарактеризованные пегматоидные граниты по своему составу, условиям залегания и процессам формирования имеют некоторые общие черты с описанными выше лейкократовыми диоритами.

Сланцы

Как было отмечено выше, сланцы составляют 16% всего разреза пород, пройденных скважиной.

На протяжении 100 м они были встречены три раза, интервалами 1, 5, 6 и 12 м. В нижнем и верхнем контакте они граничат с диоритами.

Макроскопически эти породы зеленовато-черного цвета, среднезернистые.

Главными минералами сланцев является роговая обманка, в подчиненном количестве находится биотит. Встречается кварц и довольно большое количество мелко рассеянного магнетита, присутствует циркон.

Роговая обманка составляет основную массу породы. Форма кристаллов ее удлиненно-столбчатая. Цвет грязновато-зеленый. Наблюдается ясный плеохроизм: по Ng — синевато-зеленый; по Nm — грязнозеленый; по Np—очень светложелтовато-зеленоватый. Схема абсорбции $Ng > Nm > Np$. Угол погасания с Ng равен 19°. Двупреломление 0,026. Кристаллы роговой обманки сдвойникованы: двойники простые, реже полисинтетические.

Кристаллы роговой обманки ориентированы по длине в одном направлении.

Биотит содержится в сланцах в различных количествах. Цвет бурый, плеохроизм в тех же тонах. Схема абсорбции $Ng > Nm > Np$.

Кристаллы роговой обманки секут агрегаты чешуек биотита, имеет место и обратное взаимоотношение. Биотит располагается между кристаллами роговой обманки. Форма его выделений определяется этими промежутками. Биотит здесь мелкочешуйчатый, размер чешуек меньше 0,1 мм.

Кварц в породе не превышает 1%. Форма зерен неправильная, они мелкие (меньше 0,1 мм), находятся между кристаллами роговой обманки (реже внутри их) и чешуйками биотита. Кварц имеет линейно-полосчатое волнистое погасание.

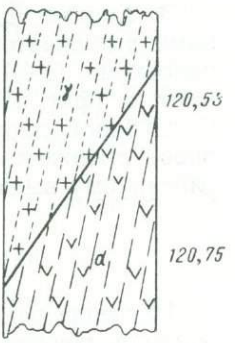
Магнетит распределен в породе довольно равномерно, выделения его преимущественно связаны с биотитом. Размер зерен меньше 0,01 мм. Местами магнетит образует скопления и параллельно ориентированные полоски.

ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТОВ РАССМОТРЕННОГО КОМПЛЕКСА ПОРОД

Изучение контактов гранитов с диоритами и этих последних с пегматоидными гранитами позволяет выделить три типичных контактных взаимоотношения:

1. Непосредственный контакт гранитов с диоритами.
2. Контакт гранитов с диоритами и пегматоидным гранитом между ними.
3. Контакт пегматоидных гранитов, залегающих среди диорита.

При непосредственном контакте гранитов с диоритами плоскость контакта гранитов с диоритами проходит под углом 25—30° к оси керна. Контакт между ними обычно четкий, характерно, что полосчатость, наблюдающаяся в диорите, переходит и в гранит, сохраняя те же особенности, что и в диорите (фиг. 17). Непосредственный контакт гранита с диоритом встречается редко, большей частью в контакте находятся породы иного состава, мощность тел последних незначительная.



Фиг. 17. Контакт гранита (γ) с диоритом (α). Полосчатость, наблюдаемая в граните, сохраняется в диорите. Зарисовка керна

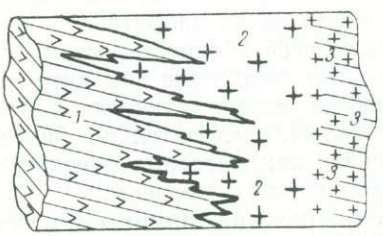
При контакте гранитов с диоритами и пегматоидным гранитом, залегающим между ними, диорит пространственно находится выше, биотитовый гранит ниже, а пегматоидный гранит залегает между ними; мощность его 0,5—1 м.

Контакт пегматоидного гранита с вышележащим диоритом большей частью четкий. Плоскость их контакта располагается под углом 30° к оси керна.

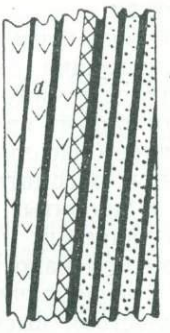
Контакт этого же пегматоидного гранита с нижележащим биотитовым гранитом, постепенный, что выражается в уменьшении зернистости пегматоидного гранита с глубиной и появлении в нем биотита. Контактная плоскость между гранитами неровная, извилистая.

Весьма характерно, что полосчатость, находящаяся в диорите и граните, исчезает в пегматоидном граните. Пегматоидный гранит иногда врезается в диорит острыми клиньями, острие которых совпадает с полосчатостью диорита (фиг. 18).

Контакт пегматоидных гранитов, залегающих среди диорита, обычно довольно четкий. Плоскость контакта, как и в двух предыдущих случаях,



Фиг. 18. Контакт диорита (1) с биотитовым гранитом (3) и пегматоидным гранитом (2), между ними наблюдается проникновение острыми клиньями пегматоидного гранита в диорит. Переход пегматоидного гранита в биотитовый — постепенный. Зарисовка керна



Фиг. 19. Контакт диорита с биотито-роговообманковыми сланцами в виде перемежающихся полосок. Зарисовка керна

проходит под углом 25—30° к оси керна. Контактная плоскость неровная, извилистая, породы заходят одна в другую небольшими, плавно извилистыми языками, это хорошо видно на фиг. 19 (керн в поперечном разрезе).

Относительно контактных взаимоотношений других пород можно отметить следующее.

1. Контакт между нормальным кварцево-биотитовым диоритом и залегающим среди него меланократовым амфиболо-биотитовым диоритом постепенный.

2. Контакт между нормальными кварцево-биотитовыми диоритами и залегающими среди них лейкократовыми — также постепенный.

3. Контакт диорита с нижележащими амфиболо-биотитовыми сланцами выражается в перемежаемости тонких полосок сланцев с тонкими полосками (1—1,5 см) диорита, располагающегося в плоскости сланцеватости (фиг. 19) (последняя проходит почти параллельно оси керна). С глубиной диорит полностью вытесняется сланцами, которые глубже вновь сменяются диоритом. Характер контакта в этом случае подобен описанному выше.

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ДИОРИТОВ С ГРАНИТАМИ

Изучение взаимоотношений диоритов с гранитами показало, что диориты подвергаются процессам гранитизации. Эти явления широко развиты в описываемом комплекте пород.

Сущность процесса заключается в том, что в кварцево-биотитовом диорите развивается микроклин, вытесняющий плагиоклаз. Содержание кварца остается почти без изменения. Биотит, частично замещаясь мусковитом, в значительной степени растворяется и выносится или замещается калиевым полевым шпатом. Реликты биотита, сохранившиеся в граните от диорита, образуют неправильные несколько вытянутые участки. Чешуйки биотита имеют строго направленное положение, что придает породе полосчатое сложение. Эта полосчатость совершенно идентична той, которая имеется в диорите.

Контакт гранита с диоритом неровный, граница извилистая, но довольно четкая.

Гранит в виде языка проникает в вышележащий диорит. Там, где прошла гранитизация, биотит исчезает. На фоне светлосерой массы гранита выделяются темные и темносерые неправильные полосчатые участки биотита. Этот биотит является реликтовым из диорита.

Приведенное описание контакта со всей убедительностью доказывает, что граниты, в рассматриваемом нами комплексе, не интрудируют, не внедряются в диориты, а развиваются метасоматически в процессе их переработки калиевым метасоматозом. И, следовательно, биотито-микроклиновые граниты надо рассматривать как метасоматические, а не магматические, в общепринятом понимании этого процесса.

Доказательством высказанного заключения, помимо отмеченного выше, являются также и следующие факты.

1. В диоритах и гранитах сохраняется одна и та же полосчатость, обусловленная одинаковой ориентировкой в них биотита.

2. Среднезернистым диоритам в контакте соответствуют и среднезернистые граниты, мелкозернистым диоритам — мелкозернистые граниты.

В крупнозернистых гранитах и диоритах размеры кристаллов плагиоклаза, кварца и чешуек биотита практически идентичны. Несколько более мелкие размеры чешуек биотита в гранитах, по сравнению с диоритами, объясняются тем, что биотит при гранитизации диоритов в той или иной степени растворяется и выносится, чем и объясняется сокращение в размерах его чешуек. Кристаллы микроклина близки по своим размерам к кристаллам плагиоклаза.

Биотит в мелкозернистых гранитах значительно более мелкий, чем в мелкозернистых диоритах. Это объясняется теми же высказанными выше причинами. Кварц в обеих разностях гранитов незначительно крупнее, чем в соответствующих им по зернистости диоритах.

Обращает внимание большая разница в размерах микроклина: в крупнозернистом граните — 1,2 мм² и в мелкозернистом — 0,4 мм².

В крупных и мелкозернистых диоритах и гранитах микроклин и плагиоклаз сильно отличается по размерам. Наоборот, кварц практически имеет одинаковые размеры во всех разностях пород (0,2—0,4 мм²), а биотит в гранитах, по сравнению с диоритом, сокращается в размерах. Эти соотношения в размерах минеральных зерен являются следствием метасоматического образования описанных пород.

Из рассмотрения всех ранее изложенных фактов следует вывод, что образование диорита предшествовало граниту.

Пегматоидные же граниты являются наиболее молодыми в этом комплексе.

ЖИЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ В ИССЛЕДОВАННЫХ ПОРОДАХ

Среди описанных выше гранитов, диоритов и сланцев встречаются разнообразные мелкие жилки: кварцевые, кварцево-полевошпатовые, биотитовые, карбонатные, кварцево-карбонатные и жилки диоритового состава.

Наиболее часто встречаются кварцевые жилки, менее распространены кварцево-карбонатные.

Преобладающее количество жилок проходит параллельно оси керна под углом 10—15° к ней.

Реже встречаются жилки, расположенные перпендикулярно к оси керна и под углом 30—45° к ней

Кварцевые жилки наиболее распространены. Большинство их залегает перпендикулярно к оси керна.

Мощность кварцевых жилок колеблется от 0,2 до 7 см, преобладают жилки мощностью 2 см.

Контакт кварцевых жилок с вмещающими породами обычно резкий. В некоторых жилках, вдоль жильного кварца, проходят тонкие (0,1 см) оторочки биотита. Иногда в жилках кварцевого состава наблюдается незначительная пиритизация. По глубине разреза скважины кварцевые жилки распространены довольно равномерно.

Кварцево-полевошпатовые жилки редки. Чаще они встречаются в гранитах и диоритах. Залегание их различное: параллельное, перпендикулярное и под углом 20—45° к оси керна.

Мощность этих жилок больше кварцевых и колеблется от 2 до 6 см. Контакт жильного выполнения с вмещающими породами большей частью постепенный, линия контакта ровная.

Биотитовые жилки обычно тонкие, максимальная ширина их 0,6 см, большинство имеет мощность 0,1—0,2 см. Иногда биотитовые жилки встречаются совместно с жилками кварцевого состава и являются как бы их каймами.

Карбонатные жилки, относительно оси керна, расположены различно. Мощность их, так же как и биотитовых, незначительная, не превышает 1 см. Контакт карбонатных жилок с вмещающими породами обычно резкий, линия контакта ровная. Иногда карбонатные жилки встречаются совместно с кварцевыми.

Жилки диоритового состава наиболее редки среди других жильных образований. Они встречены на глубине 130,5 м среди меланократового

диорита. Жилки проходят параллельно оси керна и под углом 10° к ней, мощность жилок 1—2 см. Контакт между жилками диоритового состава и вмещающими породами постепенный.

О приуроченности тех или иных жилок к определенному комплексу пород можно отметить следующее.

Жилки кварцевого и кварцево-полевошпатового состава наблюдаются только среди гранитов и диоритов. Карбонатные жилки находятся среди сланцев и амфиболо-биотитовых меланократовых диоритов. Биотитовые жилки чаще приурочены к контакту пегматоидного гранита с меланократовым среднезернистым гранитом и диоритом. Жилки диоритового состава встречаются в меланократовом диорите.

Жильные образования обычно секут контакты пород под различными углами и лишь кварцевые и биотитовые жилки иногда находятся в плоскости контакта.

По отношению к полосчатости пород жилки ведут себя различно. Так, например, кварцевые и кварцево-полевошпатовые жилки обычно пересекают полосчатость под различными углами.

Жилки карбонатные, биотитовые и диоритового состава, большей частью совпадают в своем залегании с плоскостью полосчатости пород и редко секут ее.

Последовательности образования жилок установить не удалось.

О ПОЛОСЧАТОСТИ ПОРОД

Под полосчатостью мы здесь понимаем параллельное расположение в породе цветного минерала: биотита и роговой обманки, вытянутых в одном направлении. Полевые шпаты в этом не участвуют.

Эта полосчатость наиболее ярко проявляется в диоритах. Не столь отчетливо она выражена в гранитах и совершенно отсутствует в лейкократовых диоритах и пегматоидах, грубозернистых гранитах.

Полосчатость в породах более развита с глубины 120 м. До глубины 160 м она проявляется участками. С 160 м и до конца скважины все породы, кроме лейкократовых разностей, несут в той или иной степени следы полосчатости.

В контакте диоритов с гранитами полосчатость почти всегда сохраняется (фиг. 19).

При перемежаемости (по разрезу, в глубину) нормальных гранитов с пегматоидными полосчатость наблюдается лишь в нормальных гранитах и полностью исчезает в пегматоидных.

То же самое наблюдается при перемежаемости диоритов с пегматоидными и лейкократовыми гранитами, она находится в диоритах и исчезает в последних.

Обычно полосчатость расположена под углом 5—10° к оси керна, самый большой угол наклона ее составляет 15°.

Положение плоскости сланцеватости сланцев, находящихся между диоритами и гранитами, соответствует положению плоскости полосчатости диоритов и гранитов.

Взаимоотношение жилок и полосчатости различное. В соответствии с полосчатостью расположены лишь жилки, выполненные биотитом и карбонатами, и жилки диоритового состава. Жилки иного состава секут полосчатость под различными углами. В контактах при постепенных переходах пород между собой полосчатость в контактовых зонах также постепенно исчезает. При четких, резких контактах различных пород с лейкократовыми гранитами и диоритами в последних наблюдается резкое исчезновение полосчатости, идущее по линии контакта.

Интересно отметить, что в контакте диоритов со сланцами и амфиболовых диоритов с биотитовыми гранитами плоскость контакта этих пород совпадает с плоскостью полосчатости сланцев.

Контактовые же плоскости между другими породами находятся под различными углами к полосчатости.

Полосчатость магматических пород, в которых проявлена ориентировка цветных минералов, большинством исследователей рассматривается как результат истечения магмы под давлением, в процессе движения которой биотит и роговая обманка ориентируются в одном направлении.

Эта точка зрения лишена оснований, так как описанное выше взаимоотношение диоритов с гранитами наглядно доказывает, что ориентированное положение биотита в гранитах унаследованное, сохранившееся от того, каким оно было в диоритах при их гранитизации.

Полосчатость же самих диоритов также следует рассматривать как унаследованный, сохранившийся текстурный признак от роговообманковых, биотитовых сланцев, из которых при метасоматической переработке образовался диорит.

Полосчатость гранитов и диоритов нельзя рассматривать как результат воздействия на них давления.

Следовательно, полосчатость в описанных породах есть унаследованный текстурный элемент, сохранившийся от осадочно-метаморфического комплекса пород (сланцев), из которых путем гранитизации образовались диориты и граниты.

СРАВНЕНИЯ ОПИСАННОГО КОМПЛЕКСА ПОРОД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ С ПОРОДАМИ ДРУГИХ РАЙОНОВ

Как указывалось выше, подобные породы были описаны В. Н. Лодочниковым и В. Тарасенко.

В. Н. Лодочников в работе, посвященной описанию гранитных пород Воронежской кристаллической глыбы из района г. Павловска, отмечает, что у дер. Свинюхи находится выход серого биотитового кварцево-олигоклазового диорита. Порода имеет отчетливо-слоистую текстуру, но признаков кристаллобластеза в ней, как и в гнейсах, нет.

Плагиоклазом в диорите является олигоклаз № 24. Минералогический состав породы (в процентах) приводится в табл. 4.

Таблица 4

Минералы	Диорит дер. Свинюхи	Диорит КМА
Олигоклаз	47,19	53,8
Кварц	21,66	28,1
Биотит	22,67	17,1
Микроклин	5,26	до 1
Магнетит и другие минералы	3,22	1,1
Всего . . .	100,00	100,00

Как видно из таблицы, содержание минералов в обеих породах почти тождественно. Отсутствие микроклина в диорите КМА объясняется тем, что микроклинсодержащие породы при подсчете нами исключались.

У дер. Басовка В. Н. Лодочников отмечает присутствие розового биотитового рапакивиобразного гранита, состав которого также близок к составу биотитового гранита КМА, описанного нами выше. Минералогический состав гранитов приведен в табл. 5 (в процентах).

Таблица 5

Минералы	Гранит дер. Басовки	Гранит КМА
Микроклин	26,0	32,8
Олигоклаз	40,3	31,9
Кварц	28,7	32,2
Биотит	3,7	2,4
Другие минералы . . .	1,3	0,7
Всего . . .	100,00	100,00

Из приведенных данных видно, что в гранитах обоих районов плагиоклаз преобладает над микроклином, а приводимая Лодочниковым характеристика отдельных минералов пород и взаимоотношений последних указывает на общность пород г. Павловска с описанными нами из Курской магнитной аномалии.

Павловские кварцевые диориты, так же как и на КМА, старше биотитовых гранитов.

Тарасенко прекрасно охарактеризовал породы, подобные нашим из Южно-русского горста в районе Кальника. Он отмечает здесь диориты, граниты и пегматиты.

Диорит кварцевый, биотитовый, в состав его входят: олигоклаз № 28, кварц, биотит, встречается микроклин. Здесь же находятся: апатит, ильменит, пирит, кальцит и серицит. Эта порода по минералогическому составу поразительно похожа на диориты КМА.

Тарасенко отмечает, что типичный диорит серого цвета, типичный гранит — розового цвета, переходные породы — промежуточных цветов. Эти породы совершенно не отделимы одна от другой, образуя геологически одно целое.

При увеличении в породе микроклина диорит переходит в гранодиорит и гранит; в последнем много плагиоклаза.

Переход кварцево-биотитового диорита в гранит происходит двумя путями: 1) в среднезернистой массе диорита появляется большое количество зерен микроклина (ортоклаза), не выделяющихся своей величиной из общей массы, но отличающихся своим розоватым цветом; при возрастании количества таких зерен осуществляется переход диорита в гранит;

2) в среднезернистой массе диорита, кроме таких зерен микроклина (ортоклаза), появляются отдельные, более крупные зерна его розового цвета, достигающие в поперечнике 1—2 см и имеющие вид порфировых выделений; при увеличении количества их они местами скопляются в агрегаты, к микроклину присоединяются кварц и биотит и в результате кварцево-биотитовый диорит переходит в гранит.

По Тарасенко, интрузия диоритов предшествовала интрузии гранитов, но не везде. Постепенные переходы между ними, наблюдаемые во многих местах, указывают на одновременность интрузий. Когда интрузия

кварцево-биотитового диорита предшествовала интрузии гранита, могло происходить воздействие гранитной магмы на образовавшуюся уже диоритовую породу. Однако в сколько-нибудь значительном масштабе инъекционных явлений здесь наблюдать не приходилось.

Тарасенко отмечает, что диорит и гранит имеют гнейсовидную текстуру, которая сменяется массивной. Полосчатость (гнейсовидность) проходит почти в вертикальной плоскости, простираясь на северо-запад. Породы с гнейсовидной и массивной текстурой геологически не отделимы одна от другой.

Пегматиты гнейсовой текстурой не обладают. Тарасенко считает, что нет достаточных оснований предполагать, что параллельная текстура связана с динамометаморфическими явлениями. Эта структура, по мнению исследователя, первичного характера. Она является отчасти результатом флюидальных движений магмы, а отчасти объясняется воздействием на нее давления при застывании. Эти два процесса и обусловили возникновение ориентированной текстуры.

Взгляд Тарасенко на причину полосчатой текстуры этих пород нами не разделяется, о чем было сказано выше.

В заключение отметим, что подобный же комплекс пород, со всеми его особенностями (минеральным составом, геологическими взаимоотношениями и пр.), отмечен в Карпатах и на Кольском полуострове и, таким образом, является широко распространенным и типичным для протерозоя Европейской части Советского Союза.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОД КМА

Решение вопроса о формировании гранитоидных пород Курской магнитной аномалии является сложным, так как непосредственное наблюдение над ними пока еще недоступно, а геологических факторов недостаточно.

Формирование древних, докембрийских гранитов и комплекс гранитоидных пород, слагающих эти интрузии, имеют общие черты с формацией молодых гранитов (варисских, пермских), широко развитых, например, в Казахстане. Формирование варисских гранитных интрузий начинается с диоритов (гранодиоритов), которые относятся исследователями к первой интрузивной фазе. За диоритами (гранодиоритами) следует вторая интрузивная фаза — внедрение гранитов обычно биотитовых. Указывают, что граниты, внедряясь в диориты, образуют с ними резкие контакты, однако отмечают и постепенные переходы между этими породами.

В последующие стадии формирования гранитных интрузий образуются аляскиты, мелкозернистые граниты, пегматиты и породы жильной фации.

Совершенно такая же последовательность имеет место в формировании комплекса докембрийских гранитоидных пород в Воронежской кристаллической глыбе, на Украине и на Курской магнитной аномалии.

Так как в формации молодых гранитов диориты (гранодиориты) обычно находятся в контактной зоне и окружают выходы гранитных интрузий, то мы имеем основание полагать, что тот разрез по скважине, который описан нами для Курской магнитной аномалии, относится к контактной зоне гранитной интрузии. Последняя должна быть глубже или в стороне от участка скважины. Известным подтверждением этого предположения может служить частая смена пород по скважине, большое развитие диоритов и присутствие сланцев.

Формирование пород гранитоидного комплекса, описываемого участка Курской магнитной аномалии происходило в такой последовательности.

1. Метаморфизм осадочной толщи с образованием из нее амфиболитов, амфиболовых, а местами и биотитовых сланцев.

2. Развитие под влиянием натрового метасоматоза в амфиболитах плагиоклаза с преобразованием амфиболитов в роговообманковые диориты.

3. Дальнейшее развитие метасоматоза с выносом натрия и привносом калия и кремнезема, чем было вызвано преобразование большей части роговообманковых диоритов в кварцево-олигоклазо-биотитовые диориты. В результате амфиболовые диориты сохранились как реликтовые участки среди других пород.

4. Усиление роли калиевого и кремниевого метасоматоза, повлекшего за собой преобразование кварцевого олигоклазо-биотитового диорита в микроклиновый, лейкократовый биотитовый гранит.

Повидимому, в начальную стадию этого процесса происходило образование лейкократовых разностей кварцевых диоритов вследствие растворения и выноса цветного компонента.

5. Преобразование действием газовых растворов преимущественно в зоне контакта (и других местах, благоприятных для их циркуляции) гранитов и диоритов в грубозернистые пегматиты.

6. Образование мелких жилок гидротермального характера, заполненных кварцем, карбонатом и другими минералами, иногда с тонкой вкрапленностью сульфидов.

Можно утверждать, что формирование всего рассмотренного выше комплекса пород происходило метасоматически, через воздействие газовых растворов, проникавших в породы по расслабленным зонам (трещинам), и инфильтрационным путем вдоль полосчатости (слоистости) пород.

Внедрение магмы в открытые полости между сланцами или диоритами не может быть подтверждено материалом исследований.

Изложенная схема формирования гранитоидных пород КМА пока не дает объяснения проявлению натрового метасоматоза в железистых кварцитах с образованием щелочных амфиболов. Неясно также влияние всех этих процессов на формирование железорудной толщи. Этот вопрос является предметом дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко В. Материалы по петрографии кристаллических горных пород Южно-Русского горста. Тр. Воронежского гос. университета, т. II, в. 2, 1925.
2. Лодочников В. Н. К петрологии Воронежской кристаллической глыбы русской платформы. МОПГ Геолкома, в. 69, 1927.

В. С. ДМИТРИЕВСКИЙ, Е. А. САНИНА и В. МИНЧИН

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КВАРЦИТОВ КМА

До последнего времени железистые кварциты Курской магнитной аномалии не были исследованы на механическую прочность, хотя установление ее имеет весьма важное значение для горноэксплуатационных работ и для измельчения кварцитов при обогащении.

В 1953 г. было проведено изучение кварцитов на временное сопротивление сжатию. Изучение образцов проводилось в лаборатории физико-механических испытаний горных пород Института геологических наук АН СССР Е. А. Саниной.

Железорудные кварциты Курской магнитной аномалии резко различаются по своим текстурным особенностям и вещественному составу.

В текстурном отношении для кварцитов характерна полосчатость, обусловленная чередованием полосок, состоящих из кварца и железорудных минералов (магнетита и железного блеска). Ширина полосок колеблется от 1 до 20 мм. Полосы кварца и железорудных минералов располагаются в основном параллельно, но местами они пересекаются и выклиниваются. В кварцитах встречаются участки, в которых полосчатость подверглась интенсивной мелкой складчатости со сложной гофрировкой. Эти мелкие структурные формы в кварцитах Курской магнитной аномалии описаны С. П. Горшковым, М. С. Точилиным (1949) и И. А. Русиновичем (1948).

По ширине рудных полосок кварцево-магнетитовых и кварцево-гематитовых, перемежающихся с кварцевыми полосками, выделяются следующие текстурные типы кварцитов:

а) широкополосчатые (ширина рудных полосок более 10 мм);
б) среднеполосчатые (ширина полосок 5—10 мм);
в) тонкополосчатые (ширина полосок менее 5 мм).

По вещественному составу среди железорудных кварцитов выделяются: а) чисто магнетитовые; б) гематито-магнетитовые; в) гематитовые железнослюдковые кварциты.

Во всех приведенных выше разностях железистых кварцитов встречаются прослои (от 1 до 10 мм) биотитового сланца, роговых обманок. Особо следует отметить присутствие в отдельных участках железорудной толщи кварцитов КМА щелочных роговых обманок. Довольно обычны в кварцитах мелкие, равномерно распределенные зерна карбоната, последний образует местами тонкие (1—3 мм) полоски.

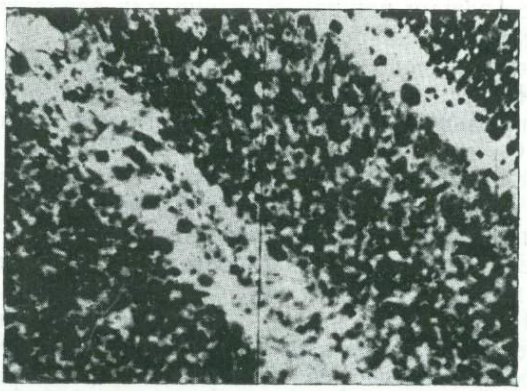
Механическому испытанию были подвергнуты пять разностей кварцитов, отличающихся по текстурным особенностям и вещественному составу. Из каждого блока этих пород было изготовлено по 4—6 кубиков размером $5 \times 5 \times 5$ см. Кубики высушивались до постоянного веса, обмерялись, взвешивались, был определен их объемный вес и затем проведено испытание на временное сопротивление сжатию. При испытании

каждой разности кварцита часть кубиков подвергалась давлению перпендикулярно слоистости, а часть параллельно ей.

Ниже приводится характеристика образцов и результаты их испытаний.

1. Кварцит магнетитовый широкополосчатый, тонкозернистый (№ 1337)

Макроскопически эта порода довольно однообразна. Состоит в основном из тонкозернистой, темносерой магнетито-кварцевой массы с весьма тонкой, слабо заметной слоистостью. На этом фоне резко выделяются (иногда рядом находящиеся) полоски темного и красноватого кварцита. Они плотные, без видимого выделения магнетита, шириной 5—10 мм. Расположены согласно с общей слоистостью породы. Темные и красные полоски кварцитов составляют 20—25% объема породы.



Фиг. 1. Рудная полоска краснополосчатого кварцита. Темное — гематит; светлое — кварц. × 340

Микроскопические исследования показали, что краснополосчатый кварцит состоит из микрозернистого кварца, запыленного рудной пылью, из магнетита и гематита, находящихся примерно в равных количествах. Суммарное содержание их составляет 27% (фиг. 1).

Магнетит образует идиоморфные кристаллы квадратной, шестигранной и полигональной формы. Идиоморфные пластинки гематита ясно просвечивают в параллельном свете красным цветом. Размеры рудных минералов колеблются от 0,03 до 0,01 мм (многие из них более мелки). Зерна кварца в этом кварците более крупные, чем выделения магнетита и гематита. Средний размер их 0,05 мм.

Форма зерен кварца изометрическая, контуры ровные. Они имеют более слабое дисперсионное волнистое погасание.

Среди кварца с магнетитом и гематитом встречаются редкие выделения карбоната. Кристаллы его неправильной формы, размером 0,1—0,3 мм, с неровными как бы изъеденными краями. Магнетит и гематит образуют в кварците тонкие рудные полоски (шириной от 0,2 мм до 1,2 мм) с содержанием рудных минералов в них до 60%. Эти рудные полоски ориентированы взаимопараллельно. В описываемой красной полоске кварцита, имеющей ширину 5 мм, четко выделяются рудные полоски, разделенные полосками кварца, запыленного гематитом и маг-

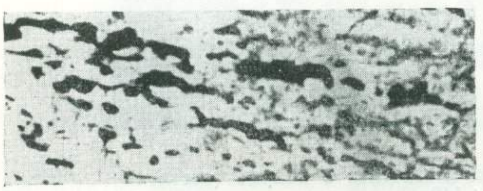
нетитом. Характерно, что кварц в рудных полосках несколько более мелкий, чем вне их.

Рудные полоски пересекаются жилками тонкозернистого же кварца, лишенного рудных компонентов. Из этого факта, а также из наблюдений над взаимоотношениями полосок кварца с рудными полосками, создается впечатление, что кварцевые полоски, с распыленными в них гематитом и магнетитом, образовались в результате разубоживания сплошной магнетито-гематитовой пылевидной массы. В данном случае рудные полоски являются ее реликтами, а запыленный рудной пылью кварц — новообразованием. Следовательно, красная окраска описанной полоски объясняется тонкораспыленным в ней гематитом.

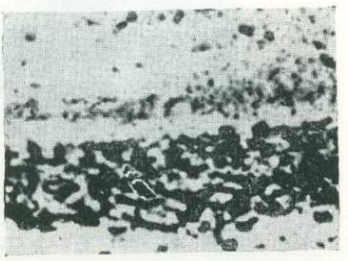
В полоске темного кварцита (в отличие от вышеописанной красноватой) содержание гематита незначительно. Здесь более развиты выделения магнетита и они крупнее (до 0,1 мм), чем в полоске красноватого кварцита.

Вследствие интенсивного замещения магнетитом гематита мелкие реликты последнего здесь довольно распространены.

Форма выделений рудного минерала в полоске темного кварцита также несколько иная. Кристаллы гематита (замещенные в значительной



Фиг. 2. Агрегаты магнетита в кварце. × 240



Фиг. 3. Сетка магнетита в кварце. × 100

мере магнетитом), соединяясь попарно и по нескольку кристаллов вместе, образуют агрегаты (фиг. 2), которые напоминают части разорванной цепочки четок или мелкие изогнутые палочки. При этом существенного изменения размеров зерен кварца не наблюдается. Содержание карбоната здесь несколько больше, чем в полоске красно-полосчатого кварцита, и ясно видно, что он замещается кварцем.

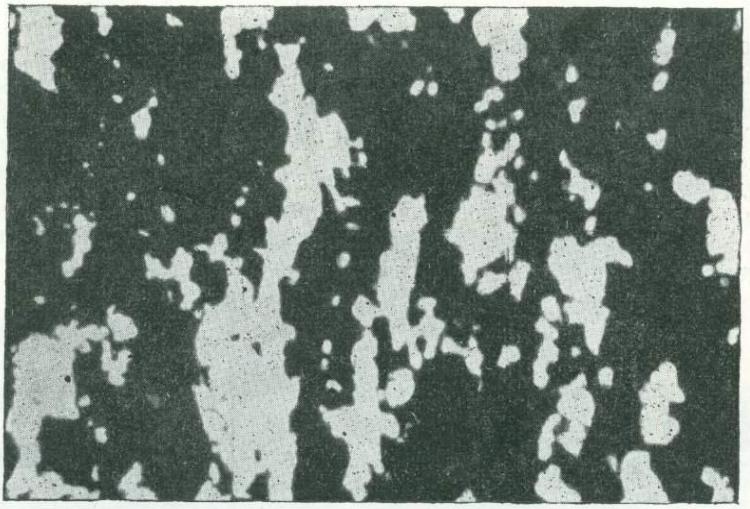
В отличие от описанных полосок красного и темного кварцита основной состав образцов — серый, магнетито-кварцевый кварцит состоит из густой сетки сплошного магнетита, содержание которого достигает 60—70% (фиг. 3). Сетка магнетита несколько вытянута по направлению полосчатости породы. Вытянутость подчеркивается ориентированным расположением участков, находящихся в промежутках сетки магнетита (фиг. 4). Эти участки вытянуты в одном направлении (вдоль полосчатости породы) в виде неправильных, прерывистых лент, удлиненных бесформенных, линзовидных и цепочкоподобных участков, узких щелевидных полосок и др. Граница этих участков с магнетитом неровная, как бы изъеденная, с выдающимися в них узкими, неправильными по форме зубцами магнетита.

В промежутках магнетитовой сетки находится мелкозернистый кварц, вместе с которым нередок карбонат и мелкие чешуйки слюдистого минерала. Кварц и другие минералы здесь не ориентированы. Размеры зерен кварца, находящегося в сетке магнетита, довольно различны, наряду

с такими, которые слагают полоски темного кварцита, здесь встречаются отдельные зерна кварца более крупные — 0,15—0,25 мм.

Наблюдаемая макроскопическая полосчатость этого кварцита является следствием перемежаемости участков с различным содержанием магнетита.

В контакте с краснополосчатым кварцитом находится полоска почти сплошного магнетита и проходит она параллельно контакту. Среди магнетита здесь часто встречаются чешуйки гематита.



Фиг. 4. Вытянутая сплошная сетка магнетита в кварце (светлое — кварц). × 140

Временное сопротивление сжатию широкополосчатого магнетитового кварцита параллельно полосчатости составляет в среднем 3000 кг/см^2, а перпендикулярно ей — 3050 кг/см^2.

После раздавливания кубиков получающиеся конусы, благодаря слоистости породы, имеют ступенчатый вид.

Разрушение образцов происходило не только по обычным плоскостям, но и по дополнительным; кубики разрушались на отдельные куски.

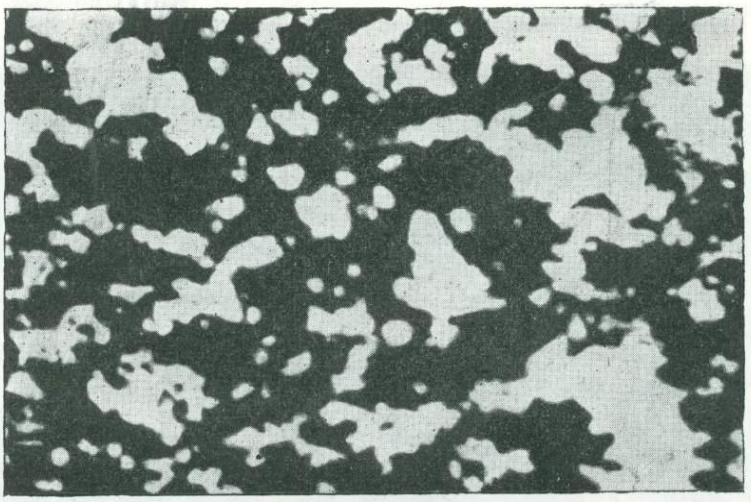
2. Кварцит магнетитовый, среднеполосчатый тонкозернистый (№ 1339)

Макроскопически порода полосчатая, состоит из темносерых полосок, сложенных микрозернистым магнетитом и кварцем. Ширина полосок 3—4 мм, они перемежаются с микрозернистыми светлосерыми полосками, шириной 0,8—2,5 мм почти чистого кварца. Последние сосредоточиваются в одной какой-либо части испытываемых кубиков. В кварците встречаются зеленоватые полоски силикатного минерала. Содержание магнетито-кварцитовых полосок в кварците составляет 46%, чисто кварцевых — 40% и силикатного минерала — 15%.

Под микроскопом видно, что темные полосы кварцита представляют губчатую сетку магнетита (фиг. 5). Пространство между магнетитом в сетке выполнено зернами кварца, размером 0,1—0,05 мм, и более мелкими зернами карбоната. Содержание магнетита в этих полосках достигает 45—50%, кварца — 20%, карбоната — 30%.

В других участках этих образцов та же сетка магнетита несколько вытянута в направлении полосчатости. Здесь же наблюдаются сплошные выделения магнетита в виде полос, шириной 0,8 мм.

Светлые полосы описываемого типа кварцита состоят из тонкозернистого кварца и довольно обильных, равномерно распределенных среди него, выделений карбоната. Здесь же присутствует небольшое количество



Фиг. 5. Губчатая сетка магнетита в кварце (светлое — кварц). ×140

магнетита; зерна его значительно мельче зерен кварца (менее 0,005 мм). Временное сопротивление сжатию этого типа кварцита параллельно полосчатости, составляет в среднем 3380 кг/см, а перпендикулярно ей — 2530 кг/см.

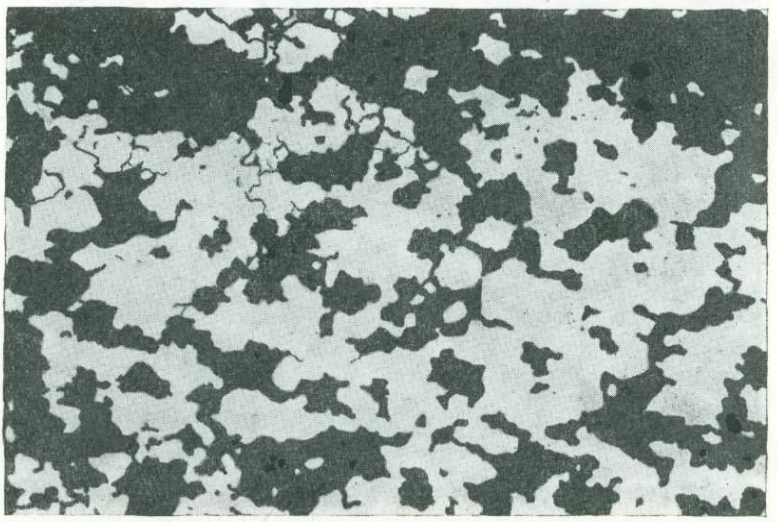
Большая разница в механической прочности объясняется присутствием трещин в образцах, которые испытывались перпендикулярно слоистости, что и обусловило пониженные данные. После раздавливания кубиков перпендикулярно слоистости получалась конусовидная пирамида, а при раздавливании параллельно слоистости — клин. Последнее объясняется разрушением породы по слоистости и скольжением, повидимому, магнетита по кварцу в плоскости разрыва.

3. Кварцит магнетитовый, тонкополосчатый, тонкозернистый (№ 1338)

Макроскопически состоит из темных микрозернистых магнетито-кварцевых полос, перемежающихся со светлосерыми (до белых) полосками кварца. В образцах проходят две белые кварцево-карбонатные полоски, шириной 3 мм каждая. В образцах, подготовленных к испытанию, четко выделяется светлосерая, почти белая полоска, шириной 12 мм. Цвет полос объясняется различным содержанием магнетитовой пыли в кварце. Под микроскопом видно, что кварцит состоит из рудных полос, перемежающихся с полосками кварца. Рудные полосы состоят из магнетита — 60%, карбоната — 30% и кварца — 10%. Ширина полос в среднем 0,9 мм. Размеры зерен кварца в них 0,1—0,15 мм. Выделения магнетита образуют прерывистую сетку, состоящую из кустообразных агрегатов и полосок сплошного магнетита. Сетка слегка вытянута по на-

правлению полосчатости породы (фиг. 6). Вместе с магнетитом местами находится хлорит, довольно обычен карбонат. Кристаллы карбоната, размером 0,05—0,35 мм, несколько удлиненной формы и вытянуты в соответствии с общей полосчатостью породы.

Кварцевые полоски в различной степени запылены магнетитом. Ширина их несколько меньше рудных полос. Размеры зерен кварца в них 0,15 мм. Содержание карбоната в чисто кварцевых полосках меньше тех, в которых находится магнетит.



Фиг. 6. Прерывистая сетка магнетита в кварце (светлое—кварц). × 140

Для кварцита характерно, что выделения зерен кварца во всей породе имеют одинаковые размеры; структура кварцита торцовая, а кварц без волнистого погасания; выделения карбоната сопутствуют магнетиту и почти отсутствуют в чисто кварцевых полосках.

Содержание магнетита в описываемом типе кварцита 50%, кварца — 37%, карбоната — 13% .

Временное сопротивление сжатию тонкополосчатого магнетитового кварцита в направлении, параллельном полосчатости породы, составляет в среднем 3450 кг/см², а перпендикулярном ей — 3740 кг/см². Форма обломков при раздавливании образцов аналогична тем, которые получались при испытании среднеполосчатого кварцита.

4. Щелочно-амфиболовый железнослюдковый магнетитовый кварцит (№ 1342)

Макроскопически порода довольно пестрая и состоит из перемежающихся темносерых, светлых, красноватых и синеватых полосок, ширина которых колеблется от 0,5 до 5 мм. Относительно широки темносерые полосы, они составляют 46% породы. Красные полосы (4), имеющие ширину от 1 до 5 мм, составляют 20% породы, а светлосерые, шириной от 0,5 до 2 мм,— 34%. Красные полоски кварцита окаймляются, в виде оторочек с обеих сторон, полосками белого кварцита.

Под микроскопом видна перемежаемость различных по ширине и составу полосок: кварцево-карбонатных, чисто кварцевых, кварцево-магне-

титовых и кварцево-магнетитово-роговообманковых. Величина зерен кварца в них почти одинаковая и колеблется от 0,05 до 0,1 мм в красных кварцево-гематитовых полосках, до 0,2 мм в чисто кварцевых и кварцево-магнетито-карбонатных.

Красные полоски кварцита состоят из мелких зерен кварца торцовой структуры, на фоне которого проходят тонкие полоски гематитовой пыли. Чешуйки гематита идиоморфные, различные по величине. Вместе с гематитом встречаются единичные выделения щелочной роговой обманки, хлорита, карбоната и магнетита.

Белые полоски, окаймляющие полоски краснополосчатого кварцита, состоят из кварца, зерна которого более крупные. Здесь же встречается немного хлорита, единичные мелкие кристаллы щелочной роговой обманки и зерна карбоната.

Кристаллы щелочной роговой обманки, размером 0,08×0,15 мм, образуют тонкие полоски, которые резко ориентированы вдоль полосчатости породы. При этом характерно, что в участках развития роговой обманки размеры и форма кварца абсолютно такие же, как и в других полосках породы.

Вместе со щелочной роговой обманкой, а также и с гематитом, наблюдаются полоски магнетита в форме четковидных цепочек и палочек. Длина таких выделений 0,16—0,35 мм, ширина 0,04—0,06 мм. Они вытянуты вдоль полосчатости породы.

Изредка в кварците встречаются полоски, сложенные относительно крупными зернами кварца, почти свободные от других минералов.

Временное сопротивление сжатию щелочно-амфиболового железнослюдково-магнетитового кварцита, в направлении, параллельном полосчатости, составляет в среднем 4050 кг/см^2, а перпендикулярном ей — 3950 кг/см^2. Характер обломков после раздавливания кубиков подобен вышеописанным.

5. Железнослюдково-магнетитовый тонкозернистый кварцит (№ 1344)

Макроскопически испытанные образцы пород состоят из двух резко различных частей. Одна из них представлена темносерым микрозернистым, довольно однородным кварцитом, содержание которого составляет 75% всей массы породы. Вторая часть неоднородная, полосчатая и состоит из перемежающихся светлосерых и красноватых полос, ширина которых колеблется от 1 до 1,5 мм.

Под микроскопом видно, что размер зерен кварца в породе довольно однороден — 0,1—0,15 мм. В кварце располагаются полоски, шириной 0,1—0,5 мм крупноагрегатного магнетита. Размер агрегатов 0,3—0,5 мм. Между полосок магнетита находятся полоски кварца, с тонкораспыленным в них гематитом. Содержание последнего изменчиво. В породе встречается карбонат.

Временное сопротивление сжатию этого кварцита в направлении, параллельном полосчатости породы, можно принять в 2400 кг/см^2, а перпендикулярно ей 2700 кг/см^2. Разрушение образцов при давлении перпендикулярно полосчатости, нормальное, подобное вышеописанным образцам, при разрушении же параллельно слоистости образец раскалывается на плиточки, что обусловлено полосчатостью породы.

Результаты произведенных испытаний сведены в табл. 1.

Колебания цифр объемного веса образцов зависят от содержания в них магнетита и карбоната.

В приведенных данных большой интерес вызывает почти одинаковое механическое сопротивление сжатию железистых кварцитов параллельно и перпендикулярно их слоистости. Казалось бы, что столь неоднородное строение этих пород — тонкая перемежаемость в них различных по составу и ширине полосок магнетита, гематита и силикатных минералов — должна была бы отразиться и на механической прочности породы в различных направлениях. По мнению многих исследователей, это должно особенно сказаться в том случае, если породы испытали одностороннее давление.

Однако, как это видно из приведенных данных, такого эффекта не получилось. Этот чрезвычайно интересный факт должен быть объяснен только микроструктурными особенностями кварцитов.

Очевидно, текстура кварцитов в данном случае не оказывает такого существенного влияния на их механическую прочность, как микроструктура. При рассмотрении особенностей микроструктуры, в целях выяснения ее влияния на механическую прочность породы, следует выделить и рассмотреть отдельно два главных структурно-вещественных элемента кварцитов: кварц со свойственной ему структурой и рудные компоненты, имеющие свои структурные особенности.

Кварц в кварцитах является основной «тканью» породы. Кристаллы его, как было указано выше, полигональные, почти изометричные, образуют роговиковую, реже слабо выраженную гранобластическую структуру.

Различные по величине зерна кварца образуют в кварцитах полоски, которые в пространстве можно себе представлять как параллельно расположенные листы, пластины, которые по простиранию породы и в глубину местами пересекаются, местами выклиниваются, исчезают и появляются вновь.

Несмотря на такую текстуру пород кварц в них является тесно сросшимся, что и определяет механическую прочность породы.

Второй структурно-вещественный элемент кварцитов — это рудные компоненты, магнетит и гематит (железный блеск). Как было показано выше, выделения гематита, находящиеся в магнетитовых и красно-полосчатых кварцитах, много мельче кристаллов кварца. Чешуйки гематита находятся внутри зерен кварца и реже между ними. Поэтому распыленный гематит существенного влияния на механические свойства кварцитов не оказывает. Определяющим здесь является структура кварца.

Все сказанное в полной мере относится и к распыленному в кварцитах магнетиту.

Магнетит, образующий в кварцитах полосы в виде сплошных сеток, понижает механическую прочность породы потому, что агрегаты магнетита крупнее зерен кварца. Последние являются включенными в сетку магнетита, а это нарушает сплошность «кварцевой ткани» породы.

В тех разностях кварцитов, где магнетит в полосках образует прерывистые сетки или отдельные разобщенные агрегаты (палочки, полоски и др.), чем не нарушается сплошность «кварцевой ткани» кварцита, там выше его механическая прочность.

Если бы сетки магнетита были часты, широки, тогда бы и механическая прочность кварцитов была различна в направлениях, параллельном и перпендикулярном полосчатости, что отчасти и имеет место. Но так как эти сетки разъединены между собой, редки, тонки, то они существенного влияния на механическую прочность кварцита в различных направлениях в большинстве случаев не оказывают.

Изложенное выше позволяет сделать следующие выводы.

Таблица 1

Результаты определений физико-механических констант образцов кварцита Курской магнитной аномалии, произведенных в лаборатории физико-механических исследований горных пород Института геологических наук Академии наук СССР

Порода	Ориентировка	Площадь в см²	Высота в см	Объем в см³	Вес сухих образцов в г	Объемный вес	Разрушающий груз в кг	Временное сопротивление сжатию в кг/см²	Результаты осмотра изготовленных кубиков
1. Кварцит широкополосчатый магнетитовый (1337)	Перпендикулярная	26,01	5,08	132,13	505,50	3,82	92 500	3560	Ясно выражена трещина, отсекающая заднее левое боковое ребро
		24,21	4,87	117,90	446,35	3,79	69 500	2870	
		25,00	4,94	123,50	441,91	3,58	68 000	2720	На нижней границе резкие белые прослои кварца
	Среднее для перпендикулярной ориентировки					3,73		3050	
	Параллельная	25,60	5,04	129,02	462,52	3,58	68 500	2070	Отколот кусок правого верхнего ребра площадью 0,11 см²
		25,40	5,02	127,51	444,02	3,48	70 000	2760	Слоистость плойчатая, кубик покрыт сетью небольших трещин. Отколот кусок нижнего ребра площадью 0,33 см²
		23,43	4,84	113,40	365,52	3,22	84 000	3580	Слоистость плойчатая. На задней грани трещина
	Среднее для параллельной ориентировки					3,43		3000	
2. Кварцит магнетитовый, среднеполосчатый (1339)	Перпендикулярная	24,16	4,87	117,66	415,85	3,53	74 500	3080	Небольшая трещина на левой грани.
		23,09	4,82	111,29	388,40	3,49	51 500	2230	Угол левый, задний, верхний, сколот площадью 0,11 см²
		24,90	4,96	123,50	425,03	3,44	57 000	2290	Сколото ребро заднее правое на протяжении 3,7 см
	Среднее для перпендикулярной ориентировки					3,49		2530	
	Параллельная	25,50	4,98	126,99	497,40	3,44	93 000	3650	
		25,15	4,98	125,25	425,49	3,40	88 000	3500	
	Среднее для параллельной ориентировки					3,42		3380	

Продолжение табл. 1

Порода	Ориентировка	Площадь в см²	Высота в см	Объем в см³	Вес сухих образцов в г	Объемный вес	Разрушающий груз в кг	Временное сопротивление сжатию в кг/см²	Результаты осмотра изготовленных кубиков
3. Кварцит магнетитовый, тонкополосчатый (1338)	Перпендикулярная	24,11	4,87	117,42	412,05	3,51	59 000	2450	
		25,40	5,01	127,25	446,95	3,51	104 000	4090	
		24,60	4,90	120,54	420,16	3,48	115 000	4670	
	Среднее для перпендикулярной ориентировки					3,50		3740	
	Параллельная	25,05	4,99	125,00	434,51	3,48	72 500	2890	
		24,40	4,92	120,05	416,75	3,47	83 000	3400	
		26,88	5,15	138,43	474,04	3,42	109 000	4060	
	Среднее для параллельной ориентировки					3,46		3450	
4. Кварцит щелочно-амфиболо-слюдковомагнетитовый (1342)	Перпендикулярная	27,35	5,20	142,22	486,56	3,42	102 500	3750	Сколот угол нижний левый, передний на площади 1,6 см
		24,50	4,95	121,28	413,72	3,41	115 000	4690	Заметна трещина, отсекающая нижнюю часть кубика
		24,40	4,92	120,05	402,55	3,35	83 000	3400	Выщерблена нижняя грань на площади 1 см²
	Среднее для перпендикулярной ориентировки					3,39		3950	
	Параллельная	20,20	4,48	90,50	307,26	3,40	84 000	4160	
		26,62	5,14	136,83	462,90	3,38	105 000	3890	
	Среднее для параллельной ориентировки					3,39		4050	
5. Кварцит железнослюдковый магнетитовый (1344)	Перпендикулярная	25,10	5,01	125,75	458,89	3,65	68 000	2710	Заметна трещина, секущая кубик по диагонали
		23,23	4,81	111,74	404,29	3,62	60 000	2580	Заметна неясная трещина, секущая кубик пополам
		25,20	4,99	125,75	447,09	3,55	71 000	2820	
	Среднее для перпендикулярной ориентировки					3,60		2700	
	Параллельная	24,11	4,90	118,14	425,85	3,60	48 000	1980	На верхней грани кубика находится трещина
		24,75	4,96	122,76	440,99	3,59	58 500	2360	Видна трещина на нижней грани кубика, переходящая на боковую грань
	Среднее для параллельной ориентировки					3,50		2200	

1. Временное сопротивление сжатию различных разностей железистых кварцитов, как параллельно слоистости, так и перпендикулярно ей, практически одинаково.

2. Наименьшую механическую прочность имеют железнослюдковые кварциты, в среднем 2900 кг/см^2. Далее, в порядке возрастания прочности, следуют: магнетитовые средне- и широкополосчатые кварциты — 3000 кг/см^2, магнетитовые тонкополосчатые — 3600 кг/см^2, железнослюдковые амфиболо-магнетитовые — 4000 кг/см^2.

3. Форма обломков в виде призматических конусов, получившихся при разрушении кубиков кварцитов под давлением в направлении, перпендикулярном полосчатости пород, подобна тем, которые типичны для пород с изотропной, не ориентированной текстурой (мраморов, габбро и др.).

4. Временное сопротивление сжатию у магнетитовых кварцитов возрастает от широкополосчатых разностей к тонкополосчатым. Последние, как более однородные, а главное содержащие больше кварца и меньше магнетита, имеют и большую механическую прочность.

5. Разрушение широкополосчатого магнетитового кварцита происходит относительно легче, чем щелочно-амфиболо-магнетитового и тонкополосчатого магнетитового потому, что в широкополосчатом кварците содержание магнетита много больше, чем в двух последних типах кварцита. И главное магнетит образует здесь сплошные сетки, а так как магнетит более пластичен, чем кварц, как это показали исследования Ю. А. Розанова и Т. Н. Шадлун, то разрушение этих кварцитов идет в основном по магнетиту.

6. Пониженная механическая прочность богатых железнослюдковых кварцитов объясняется субпараллельным расположением в них чешуек гематита (железного блеска), что облегчает нарушение сплошности породы вдоль ориентированных чешуек последнего.

7. Полоски силикатных минералов, находящиеся в кварцитах, снижают сопротивление давлению. Это особенно относится к прослойкам биотита. Повышенное содержание карбоната также понижает механическую прочность породы, что было заметно на магнетитовых карбонатсодержащих разностях.

8. Механическая прочность железорудных кварцитов для одного и того же вещественного типа определяется его кварцевой составной частью. А так как последняя по размерам зерен кварца, форме их и сочетанию достаточно однородна во всех направлениях, то механическая прочность на сжатие небольших блоков кварцитов, параллельно и перпендикулярно слоистости, дает почти одинаковый эффект.

9. Железистые кварциты Курской магнитной аномалии, от протерозоя до современной эпохи, в настоящем положении своего залегания и после произошедших в их толще метасоматических процессов не испытывали одностороннего тектонического давления. Если бы такое давление происходило, то это выразилось бы в различной механической прочности кварцитов в параллельном и перпендикулярном направлениях слоистости и отразилось бы также на структуре и погасании в них кварца. Результаты экспериментальных определений физико-механических констант различных разновидностей железных кварцитов КМА сведены в табл. 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Г. П. и Точилин М. С. О пликативных микродислокациях в магнетитовых кварцитах протерозоя КМА. Уч. записки МГУ, 136, Геология, т. III, 1949.
2. Русинович И. А. Геологическое строение Северо-Восточной половины и генезис железных руд КМА. Советская геология, сб. 28, 1948.

А. И. МУШЕНКО

О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ И СОСТОЯНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ОБЛАСТИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Железорудные месторождения Курской магнитной аномалии приурочены к Воронежской антеклизе — крупной структуре Русской платформы. Антеклиза эта представляет собой поднятие, расположенное между Московской синеклизой на севере и Днепровско-Донецкой впадиной на юге.

В строении Воронежской антеклизы принимают участие два комплекса отложений: нижний представлен метаморфическими породами докембрийского возраста, среди которых и залегают толщи железистых кварцитов; верхний комплекс сложен отложениями палеозоя и мезозоя. Нижний комплекс пород, образующий первый структурный этаж, отличается сильной дислоцированностью, второй структурный этаж характеризуется спокойным залеганием неизмененных пород, которые с резким угловым несогласием налегают на метаморфические толщи.

В пределах Воронежской антеклизы породы докембрия обнажаются только по берегам Дона, в районе городов Павловска и Богучар. На всей остальной территории Воронежской и Курской областей докембрийские породы залегают на глубинах от 40 до 500 м и вскрываются только буровыми скважинами. Это обстоятельство весьма затрудняет изучение строения сложнодислоцированных докембрийских образований.

В настоящее время, в связи с недостаточным количеством пробуренных скважин, имеются очень неполные данные о структуре докембрия рассматриваемой области. По материалам магнитометрической съемки известны простирания толщ железистых кварцитов, однако вопрос о структурном положении железистых кварцитов остается открытым.

По И. А. Русиновичу, структура докембрия на территории Курской магнитной аномалии рисуется в виде очень крупной антиклинали, на крыльях которой залегают железистые кварциты. Следует отметить, что структура докембрия на разбуренном Коробковском участке, а также в открытом и доступном для изучения районе Кривого Рога характеризуется очень сложным строением. Это дает основание предполагать, что и в области КМА строение докембрия может оказаться значительно более сложным, чем это представляется И. А. Русиновичу. Во всяком случае вопрос об общей структуре докембрия КМА в настоящее время остается недостаточно выясненным. Выяснение этого вопроса имеет существенное значение в деле познания интересующего нас железорудного района. Также остается не изученным вопрос о восточной границе площади распространения метаморфической толщи докембрия, содержащей железистые кварциты. Известно только, что к востоку от Дона под осадочной толщей залегают граниты, которые были вскрыты буровыми скважинами. Кроме того, известно, что вдоль Дона и к востоку от него не были обнаружены интенсивные магнитные аномалии, характерные для западных районов. Вопрос о возрасте гранитов, развитых на Дону, и их

соотношении с метаморфическими породами остается пока открытым. Изучение его представляет большой интерес для выяснения границы распространения метаморфических толщ, содержащих железные руды.

Для решения указанного вопроса придется исследовать материал на более широкой площади, чем Воронежская антеклиза, учитывая, что в настоящее время имеются данные о кристаллическом фундаменте в опорных и разведочных скважинах в районах Тамбова, Балашова и в других местах.

Таким образом, очевидно, что наши знания о структуре докембрийских пород все еще остаются весьма неполными. Это свидетельствует о необходимости в ближайшее время приступить к изучению строения докембрийского фундамента области Курской магнитной аномалии.

Заслуживают также большого внимания вопросы, связанные со строением верхнего структурного этажа Воронежской антеклизы, сложенного осадочными породами. Необходимость изучения этих вопросов, прежде всего, определяется тем, что правильность выводов по гидрогеологии района целиком зависит от знания геологии осадочного комплекса пород. В этой связи рассмотрим строение палеозойских и мезозойских отложений Воронежской антеклизы. В пределах последней выделяются три крупных структурных элемента: северный ее склон, центральная часть и южный склон. Северный склон антеклизы сложен девонскими отложениями, которые налегают непосредственно на кристаллические породы фундамента и погружаются под каменноугольные осадки южного крыла Московской синеклизы.

На кристаллическом основании южного склона залегают каменноугольные отложения, которые, погружаясь к югу, относительно круто образуют северный склон Днепровско-Донецкой впадины. В центральной части антеклизы выделяется полоса шириной до 30 км, где породы докембрия перекрыты непосредственно мезозойскими отложениями.

Остановимся на описании поверхности докембрийских образований, которую иллюстрирует структурная карта (фиг. 1). Карта отражает поверхность докембрийского фундамента только в общих чертах, что обусловлено ее мелким масштабом и неравномерным расположением данных, по которым она строилась. Кроме того, в некоторых случаях абсолютные отметки поверхности фундамента определялись путем пересчетов, что не может дать большой точности. Для построения описываемой карты были использованы материалы А. А. Дубянского, материалы треста «Курскгеология», данные геофизических исследований и другие опубликованные материалы.

Из рассмотрения карты видно, что в центральной части Воронежской антеклизы выделяются два поднятия, оконтуренных нулевой изолинией. Восточное поднятие прослеживается с юго-востока на северо-запад от г. Павловска, где породы фундамента залегают на высоте 75 м [1], через Острогожск (26 м), район Старого Оскола (83 м), Тим (85 м), к району Щигров (99 м). Центральная часть этого поднятия изучена очень неравномерно. Намечается, что наиболее поднятый участок расположен на Дону между Костомарово и Семейки, а также в районе Хворостани. К первому участку и приурочиваются известные выходы гранитов. Северо-западнее более высокие участки фундамента связаны с толщей железистых кварцитов. При этом по абсолютным отметкам устанавливается, что в направлении с юга на север поверхность железистых кварцитов воздымается. Так, на юге, в Волоконовке, отметки этой поверхности в среднем равны 10 м, в районе Старого Оскола они достигают 83 м, увеличиваясь в районе Щигров до 99 м.

[1] Отметки даны в абсолютных высотах.

Интересно отметить, что это воздымание происходит вдоль одной и той же магнитной полосы и что его амплитуда достигает 90 м.

Второй приподнятый район поверхности докембрия расположен в западной части территории Курской магнитной аномалии и прослеживается в меридиональном направлении от ст. Дьяконово, через Жигаево, к району Михайловки и Веретенино, где поверхность железистых кварцитов залегает выше уровня моря соответственно на 30, 107 и 160 м. Следовательно, в этом районе в направлении с юга на север поверхность толщи железистых кварцитов поднимается на 130 м.

В направлении к северо-западу от Яцыно до Осоцкого поверхность толщи железистых кварцитов снижается на 120 м (от 98 до 20 м).

В общем в западной части территории КМА поверхность докембрия находится на 50—60 м выше, чем в более восточных районах.

На меридиане Курска намечается небольшой прогиб между указанными двумя районами, оконтуренными нулевой изолинией. Этот прогиб разделяет восточный район антеклизы, имеющий простирание с юго-востока на северо-запад, от западного района, простирающегося в северном направлении. Таким образом, на меридиане Курска происходит поворот Воронежской антеклизы к северу.

Поверхность докембрийских образований на северном склоне Воронежской антеклизы имеет пологий уклон к северу, равный приблизительно 2 м на 1 км. Эту поверхность перекрывают девонские отложения, южная граница распространения которых проходит в направлении от Богучар к Старому Осколу, Курску и далее к северо-западу на Михайловку. Наиболее древние девонские отложения представлены старооскольскими слоями живетского яруса, выделенными впервые Д. В. Наливкиным. Изучение данных буровых скважин Курской магнитной аномалии показало, что старооскольские слои отличаются довольно резкими изменениями литологического состава и мощностей, даже на близких расстояниях.

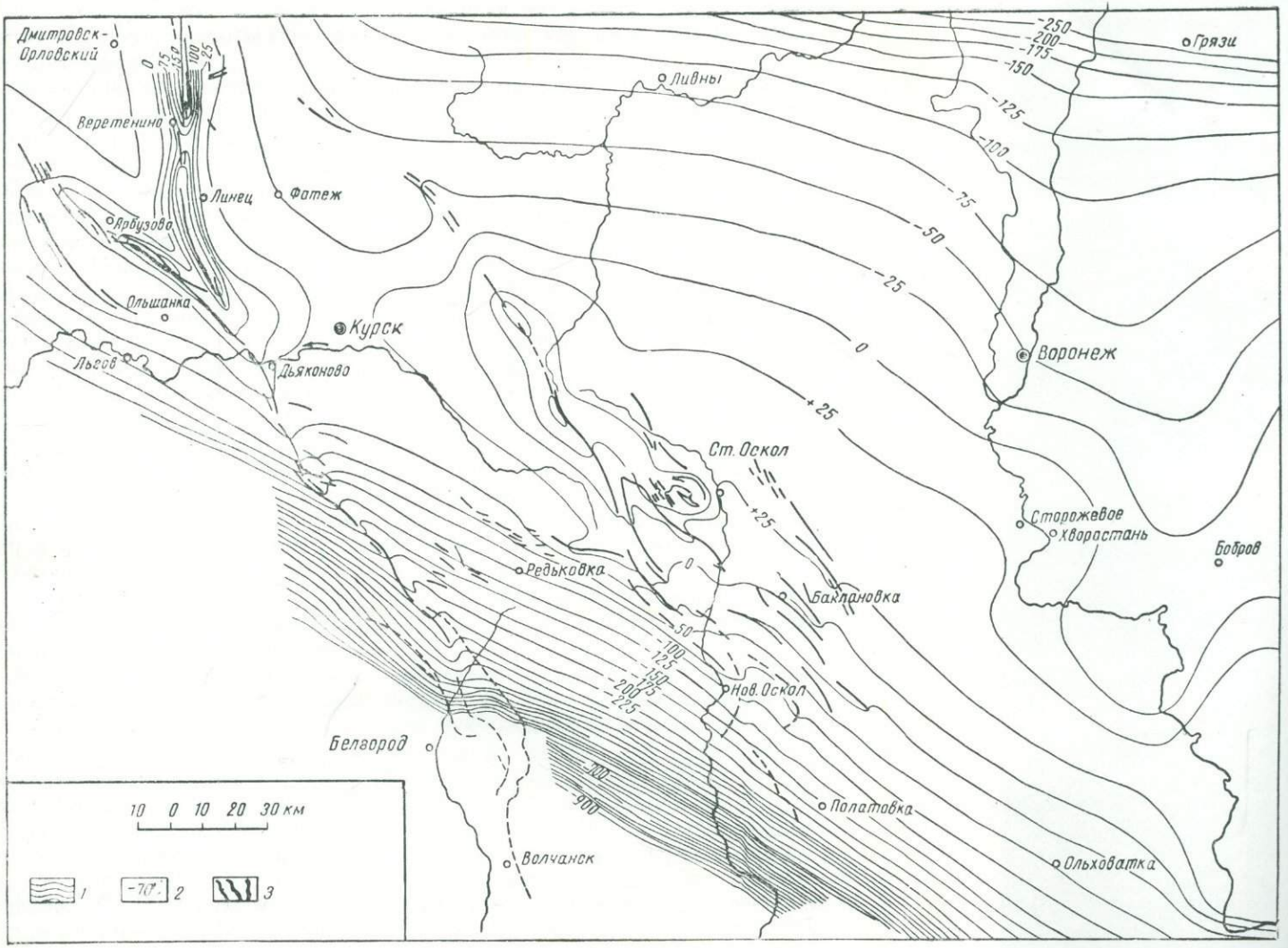
Все же по литологическим и отчасти фаунистическим данным среди старооскольских слоев удается выделить три свиты, достаточно определенно охарактеризованные. Нижняя свита в западных районах представлена в основном песчаниками, в восточных — глинами. Средняя свита сложена глинистыми известняками и глинами с богатой фауной. Верхняя свита представлена глинами с прослоями песчаников.

Мощность старооскольских слоев в зависимости от рельефа фундамента колеблется от нескольких метров до 60, а иногда слои совсем выклиниваются.

На неровной, размытой поверхности старооскольских слоев залегают осадки верхнего девона, представленные в основании нижнещигровскими слоями. Нижнещигровские слои по литологическим признакам делятся на две свиты. Нижняя свита сложена весьма характерными породами: каолинистыми, глинистыми алевролитами, обычно белого цвета с желтыми охристыми и бурыми железистыми пятнами. В основании свиты залегают оолитовые песчаники. Мощность ее довольно быстро меняется, изменения эти колеблются в пределах от 0 до 20 м. Отложения повидимому, являются аналогами пашийской свиты, широко развитой в восточных частях Русской платформы.

Верхняя свита нижнещигровских слоев представлена зеленоватыми, коричневатыми пестрыми глинами. Мощность ее достигает 30 м.

Описанные девонские отложения широко распространены в районах разведочных работ на железные руды, которые приурочены к наиболее поднятым частям Воронежской антеклизы.



Фиг. 1. Схематическая структурная карта поверхности докембрийских образований Воронежской антеклизы

1 — изолинии поверхности докембрийских пород; 2 — абсолютные отметки поверхности докембрия, полученные путем пересчетов; 3 — простирание магнитных аномалий.

Верхнещигровские слои, так же как и более молодые образования верхнего девона, развиты севернее этих участков, уже на склоне Воронежской антеклизы.

Девонские отложения, слагающие северный склон антеклизы, погружаются к северу приблизительно под таким же углом, как и поверхность докембрия, т. е. 2 м на 1 км.

Юго-западный склон Воронежской антеклизы простирается в северо-западном направлении. Отличается он от северного склона значительно более крутым погружением поверхности докембрия. Характер этого погружения можно представить по следующим данным: между Волоконовкой и Новым Осколом на расстоянии 32 км поверхность докембрия снижается на 110 м, т. е. на 3,6 м на 1 км. Ниже по склону между Потопахино и Обоянью на расстоянии 15 км поверхность докембрия снижается на 90 м, т. е. 4,5 м на 1 км. Южнее, по направлению к Днепровско-Донецкой впадине, склон становится еще круче. Так, между Обоянью и пос. Вторые Новоселки на расстоянии 15 км поверхность снижается примерно на 350 м, что составляет уже 10 м на 1 км. Таким образом, отчетливо видно, что плавное погружение южного склона антеклизы между Обоянью и Вторыми Новоселками увеличивается более чем в два раза, образуя уступ. Не исключена возможность, что именно в этом районе проходит сброс в докембрийских породах фундамента, возникший в процессе погружения жестких кристаллических пород в период формирования Днепровско-Донецкой впадины.

Следует отметить, что так же, как и поверхность докембрия, погружение каменноугольных осадков на южном склоне антеклизы круче, чем девонских на северном ее склоне.

Каменноугольные отложения, слагающие южный склон антеклизы, залегают непосредственно на кристаллических породах фундамента.

Северная граница распространения каменноугольных отложений прослеживается по направлению от Богучар на Россошь и Новый Оскол. Буровые работы, проведенные в 1952 г. трестом «Курскгеология», дали материал, позволивший проследить каменноугольные осадки далее к северо-западу до г. Обояни. В Обояне на глубине 282 м были вскрыты темносерые глинисто-песчаные образования с прослоями черных обуглившихся глин. Споро-пыльцевой комплекс, встреченный в этих породах, позволил С. Н. Наумовой отнести указанные отложения к угленосной толще нижнего карбона. Эти отложения залегают до глубины 317 м, ниже была вскрыта кора выветривания сланцев докембрийского возраста.

В скважинах, расположенных южнее Обояни, в Ивне и с. Вторые Новоселки, были вскрыты более молодые горизонты нижнего карбона. Так, в Ивне в скважине № 3 на глубине 428 м в шламмовом известняке Д. М. Раузер-Черноусова определила фораминиферы Hyperammina vulgaris Raus et Reite, Endothyra Similis Raus et Reite и др., которые характерны для алексинского горизонта визейского яруса.

В с. Вторые Новоселки в скважине № 4 на глубине 498 м была обнаружена микрофауна михайловско-виневского горизонта визейского яруса.

Таким образом, выясняется, что отложения визейского яруса, представленные главным образом известняками, прослеживаются вдоль южного склона антеклизы от Богучар к Новому Осколу и Ивне.

Мощность каменноугольных отложений достигает 50—100 м.

Распространение каменноугольных отложений к северо-западу от Обояни еще не выяснено. Важно подчеркнуть, что в районе Осоцкого узла аномалий, западнее Дмитриева-Льговского, по материалам буровых скважин установлено отсутствие каменноугольных отложений. Эти данные позволяют предположить, что каменноугольные осадки, развитые на

южном склоне антеклизы, будут встречены западнее Осоцкого узла аномалий.

Юрские и меловые осадочные породы трансгрессивно перекрывают девонские отложения, развитые на северном склоне Воронежской антеклизы, каменноугольные осадки, слагающие южный ее склон, и кристаллические докембрийские породы центральной части антеклизы. Отложения мезозоя, образуя моноклиналь, полого погружаются с севера на юг. По мере погружения к югу мощность юрских и меловых отложений довольно равномерно увеличивается.

Таким образом, на месте крупной антеклизы, сложенной девонскими осадками на северном крыле и каменноугольными — на южном, мезозойские отложения образуют моноклиналь. Следовательно, в этом районе отчетливо видно несовпадение структуры, сложенной палеозойскими отложениями со структурой в мезозойских осадках.

Интересно отметить, что, несмотря на пологое залегание мезозойских слоев в пределах моноклинали, юрские отложения отличаются большим разнообразием по своему составу и мощностям. Последнее обстоятельство имеет существенное значение для гидрогеологических условий того или иного района.

Юрские отложения наиболее полно развиты в западной и южной частях Воронежской антеклизы, а именно, в районах Михайловки, Дмитриева-Льговского, Яцыно и Обояни. В этих районах юрские отложения представлены континентальными среднеюрскими и морскими верхнеюрскими образованиями. Первые представлены в указанных районах темносерыми песчано-глинистыми отложениями с прослоями черных углистых глин, содержащих, по данным С. Н. Наумовой, споры среднеюрского возраста.

Для среднеюрских отложений характерны резкие изменения мощностей в тех местах, где они налегают непосредственно на кристаллические породы фундамента. Эти изменения мощностей определяются неровностями рельефа фундамента, причем отчетливо устанавливается, что увеличение мощности происходит за счет нижних слоев, выполняющих наиболее глубокие неровности рельефа.

Мощность среднеюрских слоев во впадинах достигает 50 м.

Морские верхнеюрские отложения, представленные глинами и мергелями с большим количеством фауны келловейского и оксфордского возраста, достигают 30—50 м мощности.

В районе Обояни среди верхнеюрских отложений выделяются еще более молодые осадки нижневолжского яруса. Разрез верхнеюрских образований в этом районе отличается наличием плотных мергелистых глин.

По направлению к северо-востоку от Обояни возраст и литологический состав юрских отложений резко меняются.

В районе Тима пески, залегающие в основании юры, условно относятся к средней юре, так как еще не удалось обосновать их возраст палеонтологическими данными. Мощность этих песков колеблется от 0 до 20 м.

Верхнеюрские отложения в этом районе представлены песчанистыми глинами и песками, что и отличает их от верхнеюрских пород западных районов. Кроме того, не исключена возможность, что большая часть верхнеюрских пород района Тима имеет не келловей-оксфордский возраст, как на западе, а принадлежит к более молодому нижневолжскому ярусу. Мощность этих пород равна 20 м.

Следует отметить, что мощности верхнеюрских образований значительно более выдержаны, чем мощности пород средней юры.

В районе Старого Оскола расчленить юрские отложения, как это было сделано в западных районах, пока не удается. Здесь юрские отложения представлены в основном континентальными песчано-глинистыми отложениями общей мощности до 60 м. По последним данным В. Н. Преображенской, бо́льшая часть этого разреза, ранее относимого к юрским отложениям, в действительности имеет нижнемеловой возраст.

Таким образом, очевидно, что изученность юрских отложений еще недостаточна, чтобы составить обоснованные фациальные карты, столь необходимые для познания гидрогеологии района.

По направлению к востоку от Старого Оскола к Дону юрские отложения выклиниваются и докембрийские породы в этих районах прерываются различными горизонтами меловых отложений.

До последнего времени считалось установленным, что в центральной части Воронежской антеклизы докембрийские породы перекрываются юрскими и нижнемеловыми отложениями. Однако в одной из скважин, пробуренных в районе пос. Шаталовка, в сеноманской плите был встречен валун железистого кварцита. Этот факт дает основание предполагать, что в центральной части Воронежской антеклизы имеются участки, где докембрийские породы могут быть перекрыты не только нижним, но и верхним мелом, как это имеет место в районе Павловска.

Выявление таких участков, где верхнемеловые отложения непосредственно налегают на кристаллические породы фундамента, имеет существенное значение, так как гидрогеологический режим здесь должен быть иной, чем в районах, где фундамент перекрыт юрскими или нижнемеловыми отложениями.

Два важных фактора определяют распространение различных осадочных толщ и условия их залегания на кристаллических породах фундамента Воронежской антеклизы. Первый фактор — это тектоника, второй, имеющий меньшее значение, — рельеф фундамента. Интересно отметить, что на выступах в рельефе фундамента залегают молодые мезозойские отложения, а во впадинах — девонские или каменноугольные, при этом чем глубже впадина, тем более древние горизонты ее выполняют. Так, например, в северо-западной части Воронежской антеклизы в районе пос. Веретенино, севернее с. Михайловки, в местах, где высота поверхности докембрия определяется абсолютными отметками +100 м и ниже, залегают отложения среднего девона. Места же более высокого положения фундамента перекрыты юрскими породами. В местах, где высота фундамента над уровнем моря достигает 160 м, на его поверхность налегают породы неокомского возраста.

В районе Тима на поверхности докембрия, которая возвышается над уровнем моря на 80 м и выше, залегают обычно юрские отложения, на более же низких уровнях лежат осадки девона. Подобное соотношение между рельефом и распространением осадков разного возраста наблюдается и на остальных разведочных участках Курской магнитной аномалии. Следует отметить, что в пределах разведочных участков колебания в высотах докембрийского рельефа достигают 100 м.

Рассмотренные особенности в распределении осадочных толщ на кристаллическом фундаменте касаются отдельных, относительно небольших районов. В крупном же плане распространение различных горизонтов осадочных пород определяется не формами рельефа, а движениями отдельных элементов структуры. Так, например, в центральной части Воронежской антеклизы налегание мезозоя непосредственно на породы фундамента связано с тем, что этот элемент структуры оставался приподнятым до начала юрского времени. Опускание его произошло позднее, в

связи с тектоническими движениями, обусловившими формирование Днепровско-Донецкой впадины.

В районе Курска юрские отложения залегают на девонских породах на 70 м выше уровня моря. В 35 км южнее Курска, в Потопахино, юрские отложения опускаются на 140 м и залегают на кристаллических породах фундамента. К западу от Курска, в районе Дьяконово, юрские осадки покрывают породы фундамента, имеющие абсолютные отметки 30 м. В 60—70 км севернее, в районе Михайловки и Веретенино на высоте 100 м лежат девонские отложения. Подобные соотношения в высоте залегания над уровнем моря наблюдаются и в девонских отложениях в районах между Свободой и Курском, а также на Дону, между Павловском и Верхним Мамоном.

Очевидно, что во время накопления девонских отложений расположение поднятий и впадин в фундаменте было осуществлено иным, чем современное. Так, в девонское время на юге располагалось поднятие, в связи с чем здесь девонские отложения не накапливались или почти не накапливались, во всяком случае в этих местах они не сохранились.

В связи с формированием Днепровско-Донецкой впадины началось постепенное прогибание южных частей Воронежской антеклизы. Вследствие этого прогибания юрские отложения в районе Дьяконова спустились на 130 м ниже по сравнению с районом Веретенино.

Наличие погружения в южном направлении отчетливо видно и в том, что в центральной части Воронежской антеклизы — местах, где мезозойские отложения ложатся непосредственно на фундамент, поверхность этого фундамента образует южный склон антеклизы. Наиболее высокие части поверхности фундамента располагаются севернее и перекрываются девонскими осадками; очевидно, что в домезозойское время в той полосе, где на поверхности обнажались докембрийские образования, и была наибольшая их высота над уровнем моря. Докембрийские породы опустились позднее в связи с интенсивным прогибанием Днепровско-Донецкой впадины.

Можно наметить следующие основные этапы в истории развития Воронежской антеклизы.

1. До среднедевонского времени указанная территория представляла собой поднятую область. Среднедевонское море, повидимому, впервые залило северный склон антеклизы. Верхнедевонское море тоже распространялось только на северном склоне антеклизы.

2. В каменноугольное время южный склон антеклизы, до того высоко поднятый, вовлекается в опускание, связанное с прогибанием Днепровско-Донецкой впадины, и покрывается морем каменноугольного возраста.

3. В течение мезозойского времени развитие структуры определяется интенсивным прогибанием Днепровско-Донецкой впадины, которое обусловливает все большее и большее погружение антеклизы к югу.

Выше указывалось, что в строении Воронежской антеклизы отчетливо выделяются три ее элемента: северный склон, центральная часть и южный склон.

Известные две полосы магнитных аномалий, которые отражают простирание железистых кварцитов, под углом 40—50° пересекают все три элемента антеклизы. В районе Михайловки, в связи с поворотом оси Воронежской антеклизы в северном направлении, наблюдается совпадение простираний в докембрийских и осадочных толщах.

В связи с тем, что на значительной территории простирание магнитных аномалий не совпадает с простиранием осадочных толщ, одна и та же полоса магнитных аномалий находится в разных геологических и гидрогеологических условиях. Иначе говоря, в пределах одной и той же

магнитной полосы железистые кварциты находятся на различных глубинах и перекрываются различными толщами осадочных образований. Изученность районов вдоль магнитных полос аномалий существенно различна. На южном склоне антеклизы, сложенном каменноугольными осадками, разведан только район Нового Оскола, связанный с северо-восточной полосой магнитных аномалий. Изучение южной части юго-западной полосы магнитных аномалий начато только в 1953 г. Таким образом, в пределах южного склона антеклизы оказываются не изученными как основные полосы магнитных аномалий, так и серия отдельных менее интенсивных аномалий. Не исключена возможность, что, несмотря на относительно большую глубину залегания докембрийских пород, на южном склоне антеклизы могут быть выявлены более богатые месторождения железа по сравнению с северными районами.

Центральная часть Воронежской антеклизы изучена несколько лучше. Здесь разведаны участки Коробковский, Лебединский, Салтыковский, Огибнянский, район Яцыно и др. Но все же и центральная часть антеклизы разведана недостаточно, так как и здесь не выяснены условия залегания толщи железистых кварцитов и не установлено, с чем связаны магнитные аномалии, расположенные вне основных магнитных полос.

На северном склоне Воронежской антеклизы разведаны участки в районе Щигров, Тима, Ястребовки, Вислого и др., связанные с северо-восточной полосой магнитных аномалий, а также район с. Михайловки, приуроченный к юго-западной полосе магнитных аномалий.

Выше указывалось, что по простиранию северного склона меняются фации и мощности девонских и юрских отложений. Выяснение закономерностей этих изменений затрудняется недостатком материалов. Так, например, нет соответствующих данных, освещающих район между Тимом и Михайловкой, в пределах которого происходят изменения в разрезе юрских отложений.

Разведочные работы в области Курской магнитной аномалии проводятся только в пределах узких полос магнитных аномалий, которые соответствуют распространению железистых кварцитов. За пределы этих полос буровые скважины практически не выходят. Это обстоятельство обусловлено задачами, стоящими перед разведочными организациями. Однако для изучения геологического строения территории Курской магнитной аномалии, для выявления новых типов месторождений в толще докембрия, для выяснения закономерностей распространения богатых сидерито-мартитовых руд и других полезных ископаемых материал, получаемый разведочными организациями, еще не достаточен.

Для выяснения геологического строения области КМА необходимо изучить строение докембрия в такой мере, чтобы можно было очертить отдельные тектонические формы и установить место рудоносного горизонта в этой структуре. Для этого необходимо изучить не только полосы железистых кварцитов, где они проявляются в виде магнитных аномалий, но и промежутки между ними, которые по существу являются «белыми пятнами». Наряду с этим должно быть учтено замечание, сделанное А. Д. Архангельским в 1926 г., о том, что «по размерам магнитных аномалий далеко не всегда можно судить о количестве рудного минерала в кварцитах; уменьшение или даже полное затухание аномалий по осевой их линии отнюдь еще не говорит за обеднение пласта рудою, или за переход его в безрудную породу, или за исчезновение пласта». И далее: «Если принять во внимание криворожские месторождения, то возможно даже думать, что наиболее богатыми рудою могут оказаться немагнитные разности кварцитов» [1].

Второй круг вопросов связан с изучением геологии и гидрогеологии осадочных толщ, а также с выяснением ряда геофизических задач. Так, например, необходимо выяснить природу магнитных аномалий, расположенных вне основных крупных полос магнитных аномалий. Вопрос о том, что основные полосы магнитных аномалий связаны с толщей железистых кварцитов, вполне ясен. Вопрос же, с чем связаны промежуточные магнитные аномалии еще не изучен. Далее, необходимо изучить природу гравиметрических максимумов и минимумов в различных геологических условиях.

Специального изучения заслуживает вопрос о классификации богатых железных руд и о связи различных типов переотложенных руд, а возможно, и бокситов с рельефом докембрийского фундамента.

Для решения перечисленных вопросов, наряду с общей задачей—изучением геологического строения обширной территории Курской магнитной аномалии, необходимо выйти за пределы полос железистых кварцитов и приступить к разбуриванию «белых пятен», наличие которых несовместимо с решением большой проблемы КМА.

Анализ существующих геологических материалов позволяет выдвинуть предложение о проведении буровых работ, в первую очередь по двум профилям. Основное назначение этих буровых скважин—получение данных для выяснения геологического строения территории КМА.

Первый профиль предлагается провести вкрест простирания полос магнитных аномалий с востока-северо-востока на запад-юго-запад, через разведанные участки Старооскольского узла аномалий, в направлении на Прохоровку и далее к юго-западу.

Второй профиль должен осветить геологию северо-западного участка территории КМА. Наиболее целесообразное направление этого профиля, на основании данных разведочных и геофизических работ, представляется по линии с востока-северо-востока на запад-юго-запад от Воронцовской аномалии, через Веретенино до Осоцкого узла аномалий и далее к юго-западу.

Общий метраж бурения на обоих профилях должен определяться пока не менее 20 тыс. пог. м.

Значимость проблемы Курской магнитной аномалии заслуживает того, чтобы ее изучать в более широком масштабе, чем это было до настоящего времени.

В. Н. ПРЕОБРАЖЕНСКАЯ

СТРАТИГРАФИЯ ЮРСКИХ И ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ЮРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Стратиграфия юрских отложений Воронежской, Курской и Орловской областей освещается в работах А. Д. Архангельского [1, 2, 3, 4], С. К. Квитка [15], Б. М. Даньшина [12], С. Никитина [16, 17, 18] и других авторов. Наиболее детально юрскую толщу Курской и Воронежской областей характеризует А. А. Дубянский [13, 14], который для своих выводов широко использует материалы бурения.

Вся толща юрских осадков предыдущими исследователями разделена на нижнюю — континентальную часть и верхнюю — морскую. А. А. Дубянский [13] следующим образом характеризует юрские отложения Курской и Орловской областей: «Юрские отложения Курской и Орловской областей известны в двух фациях — морской и континентальной. Морская фация представлена глинами, нижняя часть которых известковистая, обычно с фауной. Из включений в глине встречаются мелкие, черного цвета фосфориты, известковистые конкреции, серный колчедан и железистые оолиты.

В верхней части глин отсутствуют карбонаты и среди них имеются прослойки огнеупорных глин, жирных на ощупь. Они также содержат листочки мусковита и конкреции сидерита. Оба типа этих глин иногда чередуются. Возраст их в пределах среднего келловея и верхней части нижнего келловея.

Континентальная фация выражена песчано-глинистой толщей, в виде обширных линз преобладают в ней пески. Она залегает в основании глин морской фации; стратиграфическое положение определяется бат-келловеем.

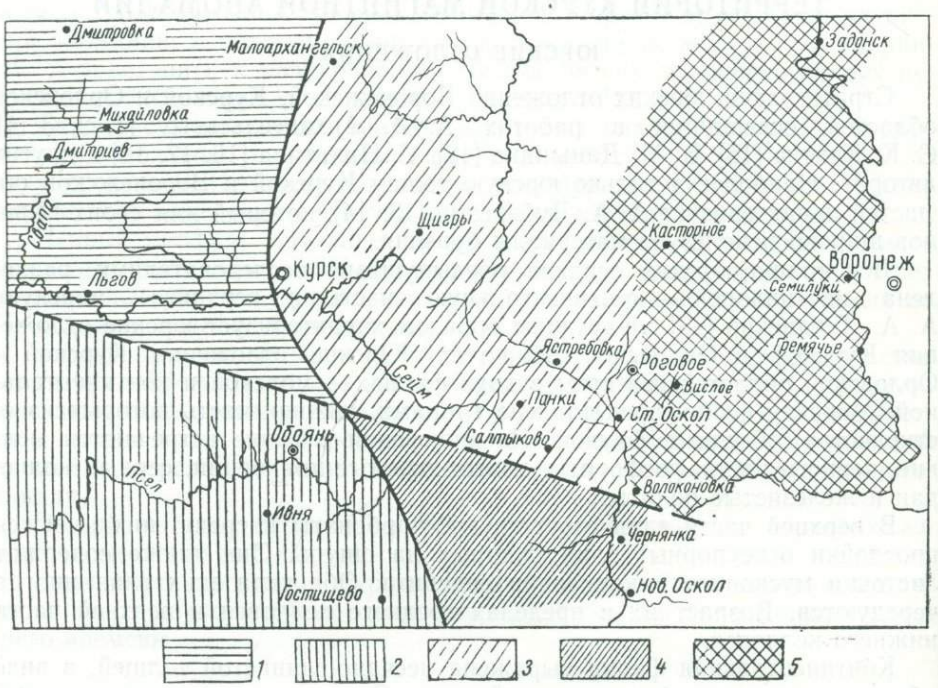
В глинах этой континентальной толщи встречаются растительные остатки и прослои песка иногда с гравием и конкрециями песчаника различной плотности и цементации. Пески келловей-бата часто неправильно слоистые, косослоистые. По границе отложений морской и континентальной юры располагается обычно слой крупнозернистого песка, гравия и даже галечника с участками кремня».

Нами собран и изучен керновый материал с различных мест Курской области и из ряда обнажений правобережья Дона в пределах Воронежской области. Отобрана и определена макро- и микрофауна и произведен спорово-пыльцевой анализ.

Работа выполнена следующими лицами: определения макро- и микрофауны произведены В. Н. Преображенской. Выделение и определение спор и пыльцы сделаны Л. Г. Раскатовой. Техническую помощь в процессе обработки материала оказали Е. А. Стадникова и Л. В. Данилюк. В полевых условиях большую помощь оказали геологи КМА В. Н. Клекль, Л. С Богунова, А. А. Прозоровский, И. Д. Кармазин и И. П. Калинин.

На основании личных наблюдений с учетом литературных данных нами произведен анализ взаимоотношений более или менее широко распространенных на территории КМА отдельных ярусов юры и их фациальных особенностей. Стратиграфически расчленена толща юрских осадков различных участков территории КМА и произведено районирование этой территории на основании различий в характере юрских отложений.

В характере фациальных особенностей юрских осадков, в их составе и мощностях прекрасно отражается динамика жизни отдельных участков, которые могут быть выделены на изученной территории. Генетически эти участки тесно связаны с жизнью докембрийского фундамента, различные части которого в течение юрского времени испытывали различные по амплитуде вертикальные колебания.



Фиг. 1. Схема распространения юрских осадков на территории КМА

1 — северо-западный участок; 2 — южный участок; 3 — часть восточного участка, где распространены нижние волжские слои и встречаются редкие останцы келловея типа северного участка; 4 — часть восточного участка, где распространены осадки келловея Обоянского типа и встречаются редкие останцы отложений оксфорда; 5 — часть восточного участка, где распространены только отложения неокома

Юрские осадки трансгрессивно залегают на различных более древних отложениях. К северу от линии Жигаево — Миролюбово они лежат на девонских породах. К югу от линии Огибное — Обоянь юрские отложения подстилаются каменноугольными осадками. Местами они залегают непосредственно на докембрии. Это наблюдается в Старооскольском, Тимском и Михайловском районах, где они приурочены к 110—90 абсолютным отметкам.

Внутри отдельных ярусов замечается довольно большое однообразие и выдержанность в характере осадков.

По стратиграфическим и литологическим особенностям юрских отложений всю территорию КМА можно разбить на три участка: северо-западный, южный и восточный (фиг. 1).

Северо-западный участок

В состав северо-западного участка входит территория Михайловского, Льговского, Конышевского, Ивановского, Дмитриевского и Хомутовского районов, входящих в состав б. Курской обл., граница участка на юге проходит несколько южнее села Реутец и на востоке, повидимому, несколько западнее Курска. Юрские отложения Михайловского района наиболее типичны для этого участка. Характеристика юрских отложений Курской области, приводимая предыдущими исследователями, наиболее полно отражает особенности юрских отложений именно Михайловского района. Некоторые фактические отличия юрских отложений Михайловского района от приводимой А. А. Дубянским характеристики их объясняются тем, что им были использованы материалы скважин более южного и восточного участков без учета стратиграфических особенностей юрских отложений этих мест.

По макро- и микрофаунистическим, спорово-пыльцевым и литологическим данным на территории северо-западного участка выделяются отложения бата, келловея и келловей-оксфорда. По условиям образования выделяются прибрежно-континентальные отложения (бат) и морские (келловей и келловей-оксфорд) (фиг. 2).

Б а т. Осадки бата выделяются только по спорово-пыльцевым комплексам. Они распространены повсеместно на территории Михайловского района. «Континентальная» толща юры, выделяемая А. А. Дубянским и другими исследователями на территории Курской области, соответствует именно отложениям, залегающим в основании юры Михайловского района.

Отложения бата представлены преобладающе песчаными осадками, среди которых довольно широкое развитие имеют богатые углистым веществом черные песчанистые глины. Вся толща среднеюрских осадков по литологическим особенностям разделяется на три части: нижнюю, среднюю и верхнюю. Нижняя часть представлена серыми мелкозернистыми песками, в которых часто встречаются обуглившиеся или пиритизированные растительные остатки и пиритово-кварцевые песчаники и конкреции пирита, сосредоточенные главным образом в основании толщи песков. Кварц, составляющий основную массу песка, плохо окатан. Мощность этой части средней юры колеблется от 0 до 38 м.

Средняя часть бата Михайловского района характеризуется преобладанием в ее составе черных и коричнево-черных углистых глин, иногда жирных на ощупь, чаще сухих и песчанисто-слюдистых. Глины обычно образуют различной мощности и иногда значительного протяжения линзы среди общей песчаной толщи осадков, сильно обогащенных обуглившимися растительными остатками. Мощность средней части бата колеблется от 0 до 25 м.

Верхняя часть бата представлена разнозернистыми темносерыми и коричневыми песками. Местами в этих песках преобладают мелкозернистые фракции, местами они крупнозернисты. Кварц плохо окатан. В песках часто встречаются куски обуглившейся древесины.

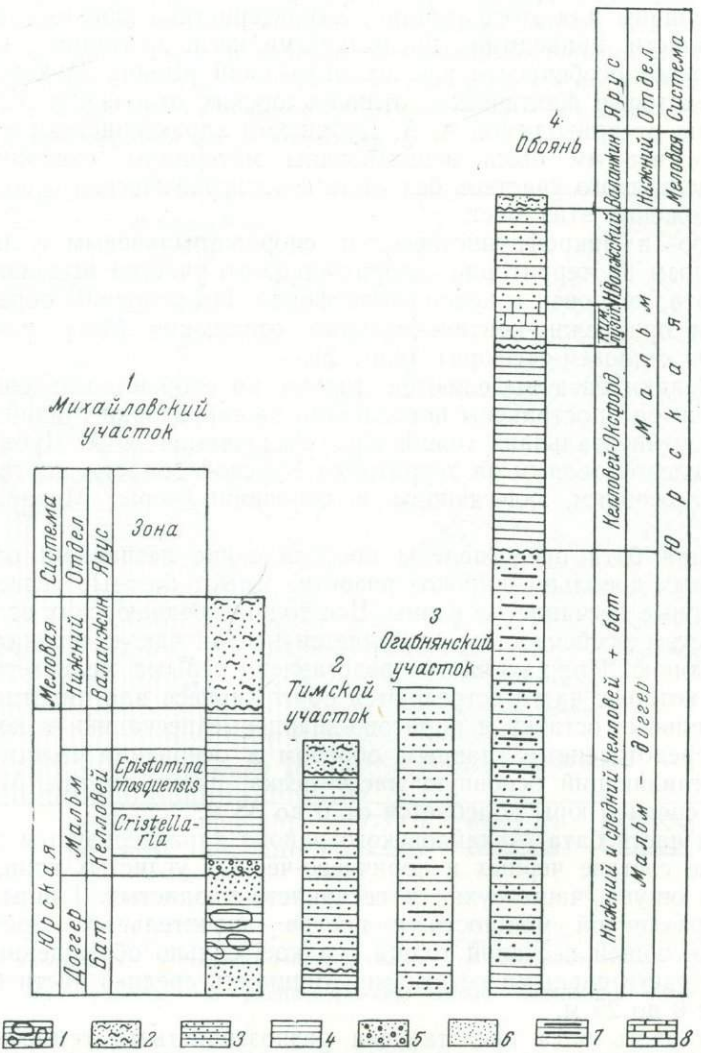
Мощность верхней части бата колеблется от 0 до 37 м.

В колебаниях мощностей всех трех частей бата наблюдается следующая закономерность: при увеличении мощности какой-нибудь одной части уменьшается мощность двух других. Общая средняя мощность бата равна приблизительно 40 м.

К югу и к западу от Веретенинского участка Михайловского района наблюдается исчезновение углистой части бата и замещение ее мелкозернистыми серыми косослоистыми песками, которые прослеживаются в основании юры у селений Осоцкое и Реутец.

Из средней части отложений бата выделен следующий комплекс спор и пыльцы: хвойные — 5%, голосеменные — 5%, споры — 90%.

Фауны в этих породах пока что найти не удалось. Отложились среднеюрские пески в условиях прибрежно-континентальных. Однообразный выдержанный по простиранию характер отложений дает возможность



Фиг. 2. Типовые разрезы юрских отложений территории КМА

1 — черные углистые глины бата; 2 — глинистые пески неокома; 3 — песчанистые глины нижневолжского яруса; 4 — глины келловея и келловей оксфорда; 5 — пески с включением гальки, кусочков угля; 6 — пески; 7 — глины, переслаивающиеся с песками; 8 — ноздреватые песчанистые известняки

предполагать, что они накопились в береговой зоне широкого, незначительной глубины водоема, который временами совершенно мелел и распадался на озерные впадины, осадки которых обогащены скоплениями растительных остатков.

Келловей

На размытой поверхности бата залегает толща морских отложений, которые на основании фаунистических данных могут быть отнесены к келловею и келловей-оксфорду. Осадки келловея и келловей-оксфорда распространены значительно шире отложений бата. На участке от с. Жигаево до с. Реутец они залегают непосредственно на докембрии.

По литологическим признакам осадки келловея можно разбить на нижнюю и верхнюю части.

В основании разреза морской юры прослеживается довольно хорошо выдержанный горизонт разнозернистых серых песков, переходящих местами в сливные песчаники. Этот горизонт песков отличается от подобного горизонта верхней части бата наличием окатанных кусков белемнитов и гальки, состоящей из углистых пород бата, а местами из обломков углистых пород карбона, что подтверждается данными спорово-пыльцевого анализа. Кварц, входящий в состав породы, довольно хорошо окатан. Возраст этих песков соответствует, повидимому, верхней части нижнего келловея.

В песках встречен следующий спорово-пыльцевой комплекс: 73% спор папоротникообразных, 16,2% пыльцы беннеттитов и 16,2% пыльцы хвойных. Среди спор папоротникообразных можно выделить следующие (в %):

Selaginella sp.	9,3
Coniopteris notabilis (Naum) Bolch.	1,0
Alsophild arcuata (Bolch)	2,3
Leiotriletes selectus Naum	6,9
Gleichenia angulata Naum	1,0
Lycopodium sp.	1,9
Lycopodium parvireticulatum (Naum.) Bolch	4,6
Lycopodium parvum Naum	1,0
Pteridium typicum (Naum)	2,3
Nephrolepis cretaceus (Mal.)	1,0
Споры неопределенные	65,6
Пыльца беннеттитов	16,2
Пыльца хвойных:	
Pinus sp.	26,3
Podocarpas sp.	21,0
Cedrus sp.	5,2
Хвойные неопределенные	47,5

Мощность этого горизонта колеблется от 0 до 3 м. Верхняя часть келловея сложена серыми, плотными известковистыми, местами тонкорассланцовывающимися, местами грубослоистыми глинами, содержащими значительное количество микро- и макрофауны. Из макрофауны, встреченной в глинах келловея, нами определены: *Cosmoceras jason* Rein, *Perisphinctes* cf. *mutatus* (Trautsch.), *Kepplerites* (Gowericeras) *goweria-nus* (Sow.), *Procerithium* cf. *russiense* Orb., *Macrodon Keiserlingi* Orb., *Macrodon* cf. *pictum* Milasch. *Gryphaea dilatata* Sow., *Modiola tulipea* Lam., *Nucula nina Borissjak, Cylindrotheutis beaumonti* (Orb.), *Pholado-mya* cf. *hemicardia* Roem., *Pecten lens* Sow., *Posidonia buchi* Roem, *Oxyto-ma inaequiwalwe* var. *borealis Borissjak* и другие представители. *Posido-nia buchi* Roem. встречена только в основании толщи глин.

Procerithium cf. *russiense* Orb., *Modiola tulipea* Lam., *Nucula nina Borissjak, Gryphaea dilatata* Sow., *Cosmoceras jason* Rein., *Perisphinctes* cf. *mutatus* (Trautsch.) сосредоточены, главным образом, в средней части глин. Такие же представители, как *Pecten lens* Sow., *Pholadomya* cf. *hemicardia* Roem., широко распространены по всей толще глин, но особенно их много в средней части глин. *Cylindrotheutis beaumonti* (Orb.) в наибольшем количестве сосредоточены в нижней части глин, но часто встречаются и выше.

Из микрофауны найдены бентонные формы, главным образом представители семейств *Laqenidae* и *Rotalidae*. Отсюда определены: *Cristellaria rotulata* Lam., *Cristellaria russiensis* Mjat., *Cristellaria harpa* Reuss., *Cristellaria* cf. *münsteri* Reuss., *Cristellaria* ex gr. *osnabruqensis* Brückmann, *Epistomina mosquensis* Uhlig, *Epistomina uhligi* Mjat., *Lamarkina rjasanensis* (Uhlig).

Распределяется микрофауна в толще глин следующим образом: в нижней части сосредоточены почти одни кристеллярии, из которых особенно часто встречаются *Cristellaria rotulata* Lam. и *Cristellaria* ex gr. *osnabruquensis* Brückmann.

В средней и верхней части глин содержатся главным образом *Epistomina mosquensis uhlig* и *Lamarkina rjasanensis* (Uhlig) с небольшой примесью своеобразных с асимметрично завернутой раковиной кристоллярий типа *Cristellaria lithuanica* Brück и *Cristellaria bronni* Röemer non Reuss.

На основании выделенных комплексов микрофауны толщу известковистых глин юры северо-западного участка можно разбить на две зоны:

1) зону *Cristellaria* ex gr. *osnabruqensis* Brückmann и *Cristellaria rotulata* Lam.

2) зону *Epistomina mosquensis* Uhlig и *Lamarkina rjasanensis* (Uhlig).

Таким образом, отмеченный комплекс фауны дает возможность отнести нижнюю часть известковистых глин к верхам нижнего келловея, среднюю и верхнюю части этих глин — к среднему келловею. Общая мощность известковистых глин колеблется от 0 до 40 м.

К е л л о в е й - о к с ф о р д. Верхняя часть юрских осадков северо-западного участка представлена темносерыми с зеленоватым оттенком, иногда почти черными слюдистыми, иногда светлосерыми песчанистыми, типа огнеупорных, глинами. Обычно все разности этих глин при действии на них HCl не вскипают. Эта толща содержит желтоватые, иногда довольно крупные конкреции сидерита и мелкие оолитовидные стяжения сидеритов. Местами в породе содержится значительное количество глауконита и мелких листочков мусковита.

Кварц, входящий в состав породы, плохо окатан.

Из фауны в нижней части этих отложений встречаются *Epistomina* cf. *Stelligeraformis* Mjat. и *Cristellaria* sp.

Из макрофауны встречаются редкие ядра *Pholadomya* cf. *hemicardia* Roem, *Pecten Lens* Sow., *Gryphaea dilatata* Sow; *Trigonia* sp.

В связи с тем, что эти осадки бедны фауной и среди последней преобладают представители, характерные как для келловея, так и для оксфорда, вся толща этих глин отнесена нами к келловей-оксфорду. Общая мощность глин келловея и келловей-оксфорда колеблется от 0 до 50 м.

Верхняя часть близких к юрским осадков Михайловского района геологами Льговской железорудной партии Л. С. Богуновой и В. Н. Клекль, а также нами, относится условно к неокому.

Литологически эта часть разреза Михайловского района представлена темными зеленовато-серыми глинистыми песками, переходящими в песчанистые глины. В глинах и особенно в песчанистых разностях содержится большое количество крупных листочков мусковита и округло-почковидных зерен глауконита, образующего в породе мелкие гнездовидные скопления, которые выделяются яркозеленым цветом. На контакте с келловей-оксфордом и несколько выше его, в глинистых песках, содержится большое количество черной блестящей фосфоритовой гальки. Фосфоритсодержащий горизонт очень хорошо выдержан по простиранию. По мощности он незначителен и редко превышает 0,5 м. Никакой фауны в этих осадках в пределах северо-западного участка не найдено.

Южный участок

В состав южного участка входит территория, расположенная к югу от линии Потопахино — Реутец. Юрские осадки этой территории весьма типичны и хорошо характеризуются фаунистическими комплексами, однако характером осадков и комплексами фауны они значительно отличаются от юрских отложений Михайловского района. Наиболее типично разрез юрских отложений этого участка выражен в г. Обояни, где прослеживаются осадки ярусов батского, келловейского, оксфордского, лузитан-кимериджского и нижнего волжского (фиг. 2). Типично выражены здесь ярусы оксфордский и нижний волжский, келловей же отличается очень большим своеобразием фаунистических комплексов и поэтому выделяется нами предположительно.

В районе г. Обояни на размытой поверхности докембрия лежат юрские отложения, которые представлены снизу вверх следующими породами.

1. Песок серый мелкозернистый рыхлый, внизу содержит прослойку 0,6 м мощности углистой песчанистой глины. В песке содержится много микрофауны мелового облика. Отсюда определяются следующие формы: *Gyroidina* sp. (близка к *Gyroidina micheliniana* Orb. из кампана). *Anomalina* sp. (близка к *Anomalina ammonoides* (Reuss) из сенона), *Arenobulimina* sp., *Globigerina* sp., *Cristellaria* ex. gr. *protracta* Bornemann, *Cristellaria* ex gr. *russiensis* Mjat.

Найдено также два очень мелких ядра аммонитов с гладкой (типа гониатитовой) сутурой. Гладкая сутура может быть объяснена тем, что аммониты представлены ранней стадией развития. В углисто-песчанистой прослойке, лежащей в основании и в самих содержащих фауну песках, обнаружен комплекс спор нижнекаменноугольного возраста.

Мощность песка равна 2,40 м.

2. Углистый, слюдистый, тонкослоистый песчаник, мощность 4,00 м.

3. Черная углистая глина, мощность 2,45 м.

4. Песок мелкозернистый, серый, несколько глинистый, уплотненный с прослойкой в нижней части слабого песчаника, содержит растительные остатки, расположенные параллельно напластованию. Во всех углистых породах встречается много макроспор. Мощность песка 44,25 м.

5. Зеленовато-серая вязкая, сильно песчанистая глина. Содержит обуглившиеся растительные остатки. В глине встречается *Gyroidina* sp. (близкая *Gyroidina michelimana* Orb. из кампана) *Nodosaria* ex gr. *nitida Terguem*. Мощность 2 м.

6. Песок мелкозернистый, разрыхленный, слабо глинистый. Мощность 0,50 м.

7. Слюдистые серые, тонкослоистые, слабые песчаники с редкими обуглившимися растительными остатками, расположенными параллельно напластованию. Встречается большое количество крупных спор. Мощность 1 м.

8. Темносерые углистые, слюдистые, песчанистые, плотные тонкослоистые глины. Встречаются крупные споры. Мощность 7 м.

9. Темносерый, слюдистый слабый песчаник, содержит споры и пыльцу юры с примесью нижнекаменноугольных спор. Мощность 7,50 м.

10. Глина темносерая, сильно песчанистая, слюдистая, тонкослоистая, переходящая в глинистый песок. Встречаются часто *Lima*; близкие средне- и верхнеюрской *Lima duplicata* Sow. Содержит споры карбона и споры и пыльцу юры. Мощность 3,55 м.

11. Песок мелкозернистый, светлосерый, глинистый, уплотненный, тонкослоистый. Мощность 2,20 м.

12. Зеленовато-серая, вязкая, известковистая, песчанистая глина. В глине встречены: *Gyroidina* sp. (близкая к *Gyroidina micheliniana* Orb. из кампана), *Buliminella* sp. (близкая к *Buliminella carseyae* Plummer из кампана), *Globigerina* sp., *Gümbelina* sp. Содержит много юрских спор и пыльцы. Мощность 13,60 м.

13. Известковисто-глинистый, алевритистый слабый, тонкослоистый песчаник, переходящий в уплотненный алевритистый песок. Мощность 22,85 м.

14. Песок мелкозернистый рыхлый, серый, вверху более тонкий и глинистый, внизу более грубый. Встречается много растительных остатков. Встречен спорангий типа Dictyophyllum exile Brauns. Содержит много спор нижнекаменноугольного возраста и единичные формы юры. Мощность 8,80 м.

15. Зеленовато-серый известковистый слабо уплотненный песок. В нем встречены *Gyroidina* sp. (близкая к *Gyroidina soldani* (Orb.,) *Gyroidina* sp. (близкая к *Gyroidina micheliniana* Orb.), *Planulina* sp. (близкая Planulina taylorensis Carsey из сенона), *Lenticulina* sp. (близкая (*Lenticulina rotulata* Lam.), *Gümdelina* sp. *Quadrulina* cf. *cruciata* (Ferguem.), *Arenobulimina* sp., *Cristellaria* ex gr. *russiensis* Dain. Мощность 4,40 м.

16. Слоистая голубоватая мергелистая глина. Содержит *Spirophthalmidium* cf. *sagittum* N. Bykova, *Nubeculinella* cf., *tenua* E. Bykova, *Epistomina* ef. *uhlig* Mjat., *Cristellaria* sp. Мощность 2 м.

17. Зеленовато-серые глинисто-известковистые пески, в которых встречены *Spirophthalmidium saqittum* E. Bykova, *Nubeculinella* cf. *tenua* E. Bykova. Мощность 5,45 м.

18. Глина мергелистая, голубовато-серая, слоистая, плотная с прослойками серого мергелия. Местами глина песчаниста. Мощность 4,94 м.

19. Глина темносерая, плотная, пластичная, содержит *Cardioceras alternoides* (Nik.), *Cristellaria* ex gr. *münsteri* Reuss. Мощность 2,84 м.

20. Глина мергелистая, серая с пиритизированными остатками фауны и растений. В ней встречены *Cristellaria* ex gr. *münsteri* Reuss. *Oxytoma* sp. и кусочки пиритизированных гастропод. Мощность 6,40 м.

21. Пески вверху серые слюдистые, внизу белые каолинистые. В основании имеется прослойка ноздреватого мелкоракушнякового известняка. Мощность 5 м.

22. Песчанистый ноздреватый, мелкоракушняковый известняк. Мощность 3,60 м.

23. Глинистые, зеленовато-серые пески с тонкими прослойками известковистого песчаника в основании. Мощность 2,40 м.

24. Серый уплотненный слюдистый песок, содержит галечки черного блестящего фосфорита и остатки фауны. Отсюда определены *Pecten lens* Sow., много *Orthonotacythere eximia* Schar. и *Eucythere grossopunctata* (Chapman.), *Cristellaria infravolgensis* Turssenko. Мощность 10,50 м.

25. Плотная, серая, песчанистая слюдистая глина с отпечатками фауны. Здесь встречены *Protocardia* sp. много *Orthonotacythere eximia Schar., Eucythere grossopunctata* (Chapman), *Cristellaria infravolgensis* Furssenko. Мощность 6 м.

26. Буроватосерый мелкозернистый песчаник с прослойкой песчанистого ракушняка в основании. Состоит из плохо окатанных зерен кварца, яркозеленого почковидного глауконита и черных, блестящих зерен фосфорита. Прослойка ракушняка содежит много обломанных и беспорядочно сгруженных раковин пелеципод, среди которых удается выделить *Pecten lens* Sow., *Panopaea* ex gr. *peregrina* Orb. Мощность 0,60 м.

В районе Обояни, на глубине 262,65—267 м, обнаружен следующий спорово-пыльцевый комплекс, характерный для средней юры: спор папоротникообразных—43,5%; беннеттитовых—26%; хвойных—30,5%.

Среди спор папоротникообразных можно выделить следующие (в %):

Cibotipites sp.	0,5
Rubinella baciformis Mal.	2,9
Lophotriletes crispaeformis Bolch.	0,5
Lygodium subsimplex (Naum.) Bolch.	0,5
Lycopodium sp.	0,5
Lycopodium parvireticulatum (Naum.) Bolch	1,0
Lygodium sp.	5,2
Stenozonotriletes compositus Bolch	0,5
Споры неопределенные	21,9
Беннеттитовые	26,0
Пыльца хвойных:	
Pinus sp.	5,2
Cedrus sp.	5,7
Podocarpus cretacea (Naum.) Bolch.	2,9
Podocarpus Kazakhstanensis Bolch. 8.	1,7
Podocarpus sp.	1,7
Conifarae	17,2

На основании содержащихся в них комплексов микрофауны и спор все вышеописанные слои в возрастном отношении разделяются следующим образом: слои от 1-го до 15-го включительно предположительно можно отнести к верхам бата, нижнему и среднему келловею. Они соответствуют толще песков, песчаников и глин с растительными остатками, выделяемым В. П. Макридиным в пределах северо-западной окраины Донецкого Кряжа (толща № 3 предложенной им в 1950 г. стратиграфической схемы).

В Михайловском районе этим отложениям соответствуют отложения бата и осадки нижнего и среднего келловея. О келловейском возрасте этой толщи свидетельствует наличие в ней ряда кристеллярий, типичных для келловея, например, *Cristellaria* ex gr. *Brückenanni* Mjat., *Cristellaria* ex. gr. *rotulata* Lam., *Cristellaria* ex gr. *russiensis* Dain.

Наличие в разных слоях этой толщи микрофауны мелового облика проще всего объяснить занесением ее туда в процессе бурения. Споры нижнекаменноугольного возраста распределены в этой толще неравномерно и являются переотложенными.

Слои от 16-го до 20-го включительно содержат комплекс микрофауны, характерный для нижнего оксфорда и верхнего келловея. Больше всего они соответствуют слоям келловей-оксфорда, выделяемым Е. В. Мятлюк на территории Общего Сырта и Среднего Поволжья.

Ноздреватые песчанистые известняки слоев 21, 22, 23, повидимому, соответствуют кимеридж-лузитанскому ярусу, выделяемому В. П. Макридиным на северо-западной окраине Донецкого Кряжа.

Слои 24 и 25 содержат комплекс микрофауны, типичный для нижневолжского яруса Поволжья и Общего Сырта. Для них характерны остракоды *Orthonotacythere eximia* Schar. и *Eucythere grossopunctata* (Chapmann).

Из микрофауны в них особенно часто встречаются *Pecten lens* Sow. и *Protocardia concinna* Buch.

Литологически нижневолжские слои характеризуются общим песчанистым характером. Для них типично наличие большого количества округлых почковидной формы яркозеленых зерен глауконита и включение значительного количества черных, блестящих, фосфатизированных обломков аммонитов, беспорядочно разбросанных по всему разрезу, и мелкой

фосфоритовой гальки, сосредоточенной в данной скважине главным образом в основании нижнего волжского яруса.

Слой 26 соответствует рязанскому ярусу неокома. Фосфоритовая галька сосредоточена здесь в хорошо выраженном маломощном галечном горизонте.

Скважина у с. Гостищево в значительной мере повторяет разрез юрских осадков Обоянской скважины.

Здесь на нижнекаменноугольных осадках снизу вверх залегают:

1. Глина зеленовато-серая, плотная, жирная на ощупь. Содержит значительное количество окрашенных зерен кварца и мелких стяжений пирита. Из микрофауны в ней встречены *Cristellaria* ex gr. *rotulata* Lam. (Ländliche Torm, Brückmann, 1904), обломки раковин гастропод типа *Pleurotomarta Buchiana* Orb. Мощность 0,5 м.

2. Глина зеленовато-серая, плотная с ходами илоядов, заполненными тонким серым песком. Мощность 24,20 м.

3. Глина зеленовато-серая, плотная, жирная на ощупь. Мощность 3 м.

4. Песчаник мелкозернистый серый, крепкий, содержит обуглившиеся растительные остатки. Мощность 0,30 м.

5. Песок алевритистый серый, тонко- и горизонтальнослоистый. Состоит из неокатанных зерен кварца, содержит глауконит. Мощность 8,80 м.

6. Аргиллит серый с буроватым оттенком, известковистый. Мощность 0,20 м.

7. Алеврит серый, уплотненный, тонкосланцеватый, известковистый. Содержит аллохтонные обуглившиеся растительные остатки. Мощность 3,45 м.

8. Песчаник мелкозернистый, серый, крепкий. Состоит из неокатанных зерен кварца. Мощность 2,55 м.

9. Песок серый, мелкозернистый, в верхней части глинистый, уплотненный, тонкослоистый. Местами содержит тончайшие слюдистые прослоечки. Содержит аллохтонные обуглившиеся растительные остатки. Мощность 21,30 м.

10. Глина песчанистая, вверху коричневатая, серая, плотная. Содержит неокатанный кварц, листочки мусковита и почковидные зерна глауконита. В коричневатых разностях включено значительное количество аллохтонных обуглившихся растительных остатков. Мощность 3,45 м.

11. Глина серая, плотная, аргиллитовидная, тонкослюдистая. Содержит измельченные обуглившиеся растительные остатки. Мощность 5,10 м.

12. Глина вверху темносерая, внизу коричневатая, песчанистая, тонкослоистая. В вверхней части содержит ходы илоядов, заполненные тонким серым песком. Содержит аллохтонные обуглившиеся растительные остатки. Мощность 5,75 м.

Вся толща описанных осадков соответствует бат-келловейским отложениям района Обояни. Об этом свидетельствуют сходство литологического состава и сходные комплексы фауны. Микрофауна в Гостищевской скважине перекристаллизована и не везде возможно ее сравнивать с Обоянской.

В описанной ниже толще глин обнаружен следующий комплекс спор и пыльцы: спор папоротникообразных—78,7%; беннеттитов—9,8%; хвойных — 11,5%.

Среди спор папоротников можно выделить следующие (в %):

Selaginella sp.	3,7
Cardioangulina tricepst typica Mal.	2,5
Lygodium sp.	3,4
Rubinella bacciformis Mal.	2.9
Stenozonotriletes aff. rarus Bolch.	1,7

Lycopodium parvireticulatum (Naum) Bolch.	3,4
Споры неопределенные	61,1
Беннеттитовые	9,8
Пыльца хвойных:	
Pinus sp.	2,5
Cedrus sp.	0,5
Caytonia sp.	6,3
Caytonia ancodes (Harris) Bolch.	0,5
Podocarpus Kazakhstanensis Bolch.	1,7

Здесь также очень хорошо представлены слои келловей-оксфорда.

На породах 12-го слоя залегают снизу вверх:

1. Песчаник буроватый, мелкозернистый сидеритизированный, содержит глауконит. Мощность 0,80 м.

2. Глина плотная, серая с ходами илоядов, заполненными песком. Содержит вверху незначительное, а внизу большое количество *Spirophthalmidium* cf. *sagittum* E. Bykova и в обратном взаимоотношении *Epistomina* cf. *uhligi* Mjat.

Из минералов содержит мелкие палочковидные зерна глауконита (псевдоморфозы по фауне ?).

3. Глина серая, плотная, песчанистая, содержит большое количество палочковидных зерен глауконита. Из микрофауны встречается очень много *Spirophthalmidium* cf. *sagittum* E. Bykova и единичные экземпляры *Epistomina* cf. *uhligi* Mjat. Мощность 1,50 м.

4. Глина серая, плотная, мергелистая. Содержит очень много *Spirophthalmidium* cf. *sagittum* E. Bykova, *Spirophthalmidium carinatum* (Kubler et Zvingli), *Cristellaria* ex gr. *harpa Reuss* и *Nubeculinella tenua* E. Bykova. Встречаются единичные экземпляры *Epistomina uhligi* Mjat. Мощность 6,50 м.

5. Глина серая, плотная, мергелистая. В ней встречены *Cordioceras alternoides* (Nik.) и из микрофауны почти исключительно *Nubeculinella tenua* E. Bykova. Мощность 2,50 м.

6. Глина серая, плотная мергелистая с раковистым изломом, неясно слоистая. Из микрофауны распространены главным образом *Epistomina uhligi* Mjat., встречено незначительное количество *Nubeculinella bulbifera* Paalzow и единичные экземпляры *Spirophthalmidium sagittum* E. Bykova. Мощность 5,50 м.

Таким образом, отмечается как бы исключение в данных слоях совместного нахождения родов *Spirophthalmidium* и *Epistomina*. Это может быть объяснено как различными условиями их жизни, так и сортирующим действием течений в момент закоренения раковин.

Лежащие выше слои *Spirophthalmidium* не содержат, но в них имеется большое количество кристоллярий и эпистомин. Предположительно они могут быть отнесены к кимеридж-лузитану. Снизу вверх на глинах со *Spirophthalmidium* лежат:

1. Глина серая, аргиллитовидная. Содержит остатки пелеципод, гастропод и цефалопод. Микрофауны в ней не найдено. Мощность 6,15 м.

2. Глина зеленовато-серая, аргиллитовидная, слабо известковистая. В ней содержится много *Epistomina uhligi* Mjat., *Cristellaria* ex gr. *russiensis* Mjat. и *Cristellaria* ex gr. *infravolgensis* Mjat., *Cristellaria brückmanni* Mjat. Мощность 5,10 м.

3. Глина плотная, зеленовато-серая, песчанистая, известковистая, неясно слоистая. В нижней половине ее содержится много мелкой фосфоритовой гальки и глауконита. Из фауны встречены: *Exogyra* cf. *bruntrutana* Sh., *Cristellaria brückmanni* Mjat., *Eucythere grossopunctata* (Chapmann).

В отдельных прослойках встречается большое количество игл ежей. Мощность 6,75 м.

4. Глина то серая, то зеленовато-серая, местами значительно песчанистая. В ней широко распространены *Eucythere grossopunctata* (Chapman), *Orthonotacyhere* sp. и другие остракоды, *Cristellaria* ex gr. *munsteri* (Roem). Мощность 16,90 м.

Лежащие выше светлосерый алеврит и зеленовато-серая глина содержат значительное количество обуглившихся растительных остатков и предположительно могут быть отнесены к неокому.

Восточный участок

Восточный участок включает в себя территорию, расположенную восточнее Курска. В него включаются Тимской и Старооскольский районы Курской области и Нижнедевицкий, Семилукский, Землянский, Хлевенский, Дмитряшевский, Боринский районы Воронежской области, по старому административному делению.

В более северных частях этого участка юрские отложения прослеживаются в ряде обнажений по долинам рек и в оврагах; в южных частях они скрыты под более молодыми осадками и прослеживаются только по скважинам.

Своеобразие юрских отложений этого участка заключается в том, что здесь сохранилась не полная серия юрских осадков, а только часть их.

На большей части этой территории отложения келловея, оксфорда и нижнего волжского яруса отсутствуют. В виде отдельных останцев они прослеживаются скважинами в окрестностях г. Тима, с. Рогового, с. Огибного, Нового Осколка. Для иллюстрации характера юрских осадков восточного участка рассмотрим типичные разрезы юры в пределах разведочных участков Огибнянского, Тимского, Казацкой степи и Лебединского, а также проанализируем выходы юры, отмеченные на геологической карте масштаба 500 000, по правобережью Дона в окрестностях Воронежа и по левобережью Дона в окрестностях с. Крутохуторского Боринского района (фиг. 2).

А. Д. Архангельский и К. П. Козин [4] в 1926 г. на территории Огибнянского разведочного участка Курской магнитной аномалии выделили породы неизвестного возраста, лежащие под альбом, и дали их литологическое описание.

Собранный нами по ряду скважин Огибнянского участка керновый материал дает возможность выделить там среди проблематичной толщи А. Д. Архангельского девонские и юрские отложения.

Юрские отложения на территории Огибнянского разведываемого железорудного участка представлены серыми слюдистыми, сильно песчанистыми глинами, часто переходящими в глинистые пески. Породы тонкослоисты, переполнены как аллохтонными, так и автохтонными обуглившимися растительными остатками, среди которых удается выделить хвощеобразные формы и вайи папоротников типа Coniopteris. Обычно вайи папоротников аллохтонны, а стебли хвощей автохтонны и встречаются главным образом в верхней части песчано-глинистой толщи.

В скважине 63-й на глубине 156,00—157,75 м встречен следующий спорово-пыльцевой комплекс: хвойных 6,3%; беннеттитов 8%, спор и папоротникообразных 85,70%.

В составе комплекса спор папоротников можно выделить следующие формы (в %):

Lycopodium parvireticulatum (Naum) Bolch.	1
Stenozonotriletes off. rarus Bolch.	1,5
Selaginella sp.	1,0
Stenozonotriletes aff. concavus Bolch.	2,0
Cibotipites sp.	1,5

Leiotriletes aff. corniger Bolch.	1,0
Lygodium sp.	4,7
Rubinella bacciformis Mal.	1,0
Споры неопределенные	72,0
Пыльца беннеттитов	8,0
Пыльца хвойных:	
Podocarpus sp.	4,0
Podocarpus cretacea (Naum.) Bolch.	1,5
Pinus trivialis (Naum.) Bolch.	0,8

В толще этих осадков содержится комплекс микрофауны мелового облика, близкой к комплексу, содержащемуся в бат-келловейских осадках района Обояни. Мощность этого типа отложений колеблется от 7 до 40 м. Во всех скважинах Огибнянского участка вскрывается описанный выше тип юрских отложений. В скважине же № 36 вскрыт несколько отличный тип юрских отложений. Снизу вверх на докембрии лежат:

1. Темносерый плотный известняк. Мощность 0,22 м.
2. Песчанистые темнозеленые аргиллиты. Мощность 1,23 м.
3. Зеленовато-серые аргиллитовидные глины, вверху песчанистые, внизу более чистые. В нижней части имеется прослойка известняка. Глины содержат палочковидные зерна глауконита. Мощность 19 м.
4. Темносерые, песчанистые, слабо слюдистые глины с *Lingula*. Мощность 2,75 м.

Зеленовато-серые аргиллитовидные глины, содержащие палочковидные зерна глауконита, соответствуют нижней части нижнеоксфордских глин Гостищевской скважины, которые также характеризуются наличием большого количества палочковидного глауконита (псевдоморфозы по фауне).

В районе Нового Оскола скважиной № 56 вскрыты серые глины, содержащие комплекс микрофауны, характерный для келловей-оксфорда районов Обояни и Гостищева. В этих глинах содержится, так же как и в районе Гостищева, огромное количество палочковидных зерен глауконита.

Таким образом, в пределах Огибнянского разведочного участка и в районе Нового Оскола распространены юрские осадки, характерные для южного участка территории Курской магнитной аномалии. Верхняя, оксфордская, часть этих осадков на большой части территории размыта и сохранилась местами в виде останцев. Нижняя, келловейская, часть осадков распространена значительно шире, особенно на территории Огибнянского участка.

Юрские отложения в пределах Тимского рудного участка не полны. Наиболее широко развиты здесь осадки нижневолжского яруса. Они представлены толщей темносерых и зеленовато-серых, сильнопесчанистых глин, нередко переходящих в глинистые пески. Местами в этих отложениях встречается много буровато-серых сидеритовых желваков, местами в них включено много измельченных обломков раковин пелеципод, среди которых наиболее часто встречаются *Pecten lens* Sow., *Protocardia concinna* Buch., *Exogyra* cf. *bruntruntana* Th.

В глинах рассеяны черные фосфатизированные окатанные ядра пелеципод и аммонитов. В нижней части разреза количество фосфоритовой гальки и глауконита сильно увеличивается. Весьма характерен для волжских слоев Тимского района комплекс микрофауны, среди которой преобладают остракоды. Здесь встречены: *Orthonotacythere eximia* Schar., *Eucythere* ex gr. *flava* Schar., *Triplasia temirica* Dain, *Marginulina gracilissima* (Reuss.), *Vaginulina flabelloides* (Terguem.), *Cristellaria* ex gr. *Wisniowskii* Mjat., *Epistomina* Sp.

Мощность осадков нижневолжского яруса колеблется от 22 до 35 м.

В большинстве случаев в пределах Тимского участка волжские отложения залегают на девоне, но иногда под ними встречаются уцелевшие

от размыва залегающие в низах морской юры Михайловского района келловейские песчаники с кусками разрушенных остатков белленитов.

Прикрываются отложения нижневолжского яруса в Тимском районе осадками неокома, в основании которых залегает горизонт фосфоритового галечника.

Таким образом, келловейские отложения района Тима, повидимому, были однотипными с осадками келловея Михайловского района, но в период трансгрессии нижнего волжского моря они были почти полностью размыты. Возможно, что они полнее сохранились на этой территории в глубоких впадинах доюрского рельефа.

К востоку от линии пос. Казацкая Степь — Коробково юрские отложения уничтожены размывом почти полностью. Незначительные пятна их прослеживаются скважинами в пределах Лебединского рудного участка. Здесь они залегают под неокомскими осадками во впадинах древнего рельефа и представлены темносерыми песчанистыми глинами, в которых встречена микрофауна, характерная для келловейской толщи района Обояни и Огибного. Вдоль правого берега Дона от р. Потудани на юге до с. Дмитряшевка и с. Крутохуторского Боринского района, на левом берегу Дона на севере, а также в окрестностях ст. Касторной нами прослежены выходы пород, которые отмечены на 500 000 геологической карте выпуска 1952 г. как юрские. Нами установлено, что юрские отложения здесь не соответствуют ни одному из описанных выше типов. На девоне, а местами на докембрии, здесь залегают осадки, которые представлены лагунно-болотными отложениями. Снизу вверх в обнажениях вдоль берега Дона и по скважинам у сел. Вислое, Лебеди, Казацкая Степь и г. Старый Оскол прослеживаются следующие породы:

1. Галечник, состоящий из фосфатизированных окатанных кусков юрских аммонитов, пелеципод, гастропод и брахиопод. К востоку горизонт галечника замещается сидеритовым песчаником, переходящим местами в железисторудный горизонт. Мощность 0,40 м.

2. Черная углистая, местами песчанистая и слюдистая глина, содержащая иногда значительное количество мелких кристаллов гипса. У с. Крутохуторского Боринского района в этих глинах встречено несколько экземпляров *Anomalina ammonoides* Reuss. и *Gümbelina* sp. В районе с. Вислое в них встречены *Ammo discus* sp. и в районе с. Лебеди найдены Haplophragmoides cf. nonioninoides (Reuse.)

Мощность глин колеблется от 4 м вдоль берегов Дона до нескольких десятков метров на западе у с. Вислое.

3. На размытой поверхности черных глин лежат пепельно-серые с фиолетовым оттенком глинистые алевриты, которые местами содержат линзы светлосерых глин, почти белых, типа огнеупорных. Мощность до 12 м.

Данные осадки литологически близки отложениям неокома района Липецка. Их особенно сближает фосфоритово-галечный горизонт, который в пределах Липецка считается аналогом рязанского горизонта неокома. В районе Липецка в осадках, лежащих над галечным горизонтом, обнаружен комплекс аммонитов неокомского возраста. Отсутствие типичной юрской фауны в рассматриваемых нами осадках и общее сходство их с неокомскими осадками Липецка заставляет нас отнести данные отложения к неокому. Резко выраженное литологическое отличие нижней части осадков от верхней и явно выраженное несогласие между ними заставляют предполагать наличие среди них валанжина и готерив-баррема.

В западных частях территории КМА отложения неокома в большей степени литологически сходны с осадками нижневолжского яруса, но характеризуются отсутствием всякой фауны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ЮРСКИМ ОТЛОЖЕНИЯМ

1. Территория Курской магнитной аномалии представляет такой участок Русской платформы, где наблюдается стык юрских осадков различных типов: подмосковной юры и переходного к юре Донбасса. К типу подмосковной юры относятся юрские отложения Михайловского, Льговского и Тимского районов Курской области. К переходному типу относятся юрские отложения Обоянского, Огибнянского и Новооскольского районов.

2. Юрские отложения северных участков характеризуются сходством как в литологии, так и в комплексах фауны с юрой Орловской области и Подмосковья.

3. Юрские отложения южных участков имеют сходство, особенно по комплексу микрофауны оксфорд-келловея, с соответствующими осадками района Самарской луки, юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины и Северо-западной окраины Донбасса.

4. Отложения нижневолжского яруса характеризуются более однотипными комплексами микрофауны как на севере, так и на юге. Однако в северных частях территории КМА нижневолжские осадки имеют заметно более мелководный характер. Здесь не встречены известняковые отложения, выделенные в районе Обояни в кимеридж-лузитанский ярус.

5. Восточная часть территории КМА на протяжении юрского времени была относительно повышенным участком, где юрские отложения были маломощны и имели прибрежный характер. В момент нижнемеловой трансгрессии юрские осадки были здесь полностью уничтожены.

6. Западная часть территории КМА на протяжении юрского времени была относительно пониженным участком и приподнялась лишь в новейшее время.

7. Отложения нижнего волжского яруса сохранились только в таких участках территории КМА, которые значительно не поднимались в послеюрское время.

ДЕВОНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Общепринятым является расчленение девонских отложений центрального девонского поля на отделы, ярусы и слои. Выделение слоев было произведено в тот период, когда площадь распространения этого типа отложений и их вертикальная изменчивость не были достаточно известны. Предполагалось весьма ограниченное распространение таких слоев, как щигровские, семилукские, воронежские и др.

В настоящее время, когда выяснено широкое развитие отложений типа семилукских, щигровских и других слоев и когда выяснена их значительная изменчивость по вертикали, термин «слой» не может считаться удачным, так как он выражает минимальную таксономическую единицу и не дает возможности более дробно расчленить разнокачественную толщу изучаемых осадков.

А. А. Дубянским щигровские, семилукские и вышележащие слои выделены в подъярусы, старооскольские же слои оставлены в их прежнем таксономическом обозначении.

Данные большого количества буровых скважин на территории Русской платформы дают возможность установить широкое развитие старооскольских осадков и их значительную изменчивость. Это заставляет нас считать эту часть девонских осадков не местной, а имеющей значение подъяруса, равного по объему щигровскому, семилукскому и др.

Таким образом, в данном отчете старооскольские слои выделяются в подъярус, который делится на горизонты.

Девонские отложения на территории Курской магнитной аномалии были вскрыты в 1924 г. в районе Щигров. Позднее в процессе разведочного бурения они вскрываются в различных районах территории КМА. Изучены они только в общем виде. Марковским установлено наличие старооскольских слоев в районе Тима, Толстихиной отмечен комплекс старооскольской микрофауны и дана литологическая характеристика девонских отложений северо-восточной части территории КМА. Нами на основании литологических и микрофаунистических особенностей и спорово-пыльцевого комплекса дана общая стратиграфическая схема девонских осадков территории КМА.

В данной статье приводится детальная характеристика девонских осадков по разведочным участкам.

Льговский участок

На территории Льговского участка девонские отложения распространены только в центральной и северной частях Михайловского района. Южная граница их распространения проходит по линии с. Жигаево-Ново-Алексеевка.

Представлены девонские отложения Михайловского района старооскольским подъярусом живетского яруса и щигровским подъярусом франского яруса. Наиболее полно представлен здесь старооскольский подъярус. Щигровский подъярус на участках, приуроченных к выступам кристаллического массива, обычно отсутствует. Во всех же остальных удаленных от кристаллических выступов местах он вскрывается скважинами. Наиболее полно он выражен за пределами кристаллической полосы. К западу от кристаллической полосы щигровский подъярус вскрыт несколькими скважинами. Наиболее мощная девонская толща вскрывается скважинами № 291 и 292 у селений Осоцкое и Поповкино, скважиной № 120, находящейся в северо-западном углу Веретенинского участка, и скважиной № 8-л, находящейся в 8 км к западу от кристаллической полосы в пределах Веретенинского участка. В пределах кристаллических полос девонские осадки встречаются только в пониженных местах и характеризуются несколько отличным литологическим составом.

Своеобразием девонских осадков Михайловского района является широкое развитие здесь алевритов и песчано-конгломератовых пород. Это обусловлено как присутствием в Михайловском районе в девонское время значительных островов, сложенных докембрийскими кристаллическими породами, так и некоторыми вертикальными колебаниями отдельных участков, которые приводили к размыву ранее отложившихся девонских осадков и к накоплению грубообломочного материала у подножия возвышенностей.

Старооскольский подъярус

Широко распространенные на территории Михайловского района отложения старооскольского подъяруса несколько отличаются в пределах кристаллической полосы и вне ее.

Осадки старооскольского времени, распространенные на территории КМА, распадаются на два основных горизонта: нижний и верхний.

Нижний горизонт довольно резко отличается по характеру осадков в пределах кристаллической полосы и вне ее; наряду с этим типичные особенности, свойственные первому горизонту старооскольского подъ-

яруса, достаточно ярко сохраняются как вне кристаллической полосы, так и в пределах ее.

В пределах кристаллической полосы Михайловского района первый глинисто-песчано-конгломератовый горизонт сложен главным образом грубообломочными породами, конгломератом и конгломератовидными песчаниками, вне полосы — более тонкими осадками — алевритистыми глинами, глинами и аргиллитами. Наиболее типичной особенностью нижнего горизонта старооскольского подъяруса Михайловского района является плохая сортировка материала, составляющего конгломерат, редко встречающиеся остатки микрофауны и присутствие прослоев глин, переполненных ходами илоядов, которые заполнены различным материалом. Иногда ходы илоядов заполняет отличная по цвету глина, но чаще это песок, состоящий из кварца и из обломков панцырных рыб, либо из измельченного гематита или из бурожелезняковых мелких скорлуповатых оолитов. Для области кристаллической полосы характерно наличие почти повсеместно распространенной в первом горизонте прослойки стально-серых слабых песчаников, содержащих серицит и более тонкие прослойки с растительными остатками, которые находятся в стадии не вполне обуглившихся бурых пленок-фитолеймов.

Для иллюстрации типичного разреза первого горизонта старооскольского подъяруса в пределах кристаллической полосы Михайловского района приведем описание скважины № 3-г, расположенной в центральной части кристаллической полосы в пределах Веретенинского участка. На докембрии снизу вверх здесь вскрываются:

1. Слабые пепельно-серые серицитовые песчаники, переходящие в рыхлые, слюдистые мелкозернистые пески. Мощность 2,34 м.

2. Ржавый слабый песчаник, содержащий мелкую гальку, состоящую из светлосерых, рыхлых песчаников. Мощность 2 м.

3. Розовато-бурый пятнистый, глинистый, слабый конгломерато-песчаник с плохо выраженной слоистостью, с редкими прослойками крепкого конгломерата. Мощность 2,30 м.

4. Рухляк из мелких угловатых обломков докембрийских пород. Мощность 1,80 м.

5. Пески ржавые, разнозернистые, слабо уплотненные с неясно выраженной слоистостью, с включением очень мелкой гальки докембрийских пород. Мощность 1,10 м.

6. Серовато-белые каолиновые, несколько алевритистые глины, слоистые с обуглившимися растительными остатками, аллохтонного происхождения. Мощность 11,40 м.

7. Пятнисто-бурые, слабые не слоистые конгломерато-песчаники, содержащие беспорядочно расположенную гальку из более древних пород. Мощность 5,15 м.

Общая мощность первого горизонта равна 24,29 м.

В скважине № 156, находящейся в пониженной части кристаллической полосы, в первом горизонте снизу вверх встречены:

1. Слоистые темные углистые глины, в которых более плотные разности чередуются с разрыхленными рухляковыми прослойками, богатыми выцветами белых солей. Наличие этих солей определяет разрыхленное состояние и рухляковый характер глин. Растительные остатки аллохтонные. Мощность 15,88 м.

2. Песчаники пестрые слабые, с прослойками конгломератов. Мощность 23,60 м.

3. Розовато-синеватый конгломерато-песчаник рыхлый в верхней части интервала и более плотный, ожелезненный в нижней части интервала. Мощность 5 м.

4. Мелкораздробленная красная глина. Мощность 1,70 м.

5. Пестроокрашенный грубо и неясно слоистый каолинистый конгломерато-песчаник, состоящий из гальки различного состава. Галька эта состоит из более или менее окатанных докембрийских песчаников рудных кварцитов и сланцев. Вся галька, входящая в состав конгломерато-песчаников, находится в сильно выветрелом разрыхленном состоянии. Некоторые гальки рудного кварцита разрыхлены до степени рыхлой руды-синьки. Мощность 11,54 м.

В скважине № 134, расположенной в северной части Жигаевского участка, мощность нижней части старооскольского подъяруса достигает всего 3,40 м. За пределами полосы развития кварцитов бурения производилось в очень незначительных размерах. Было заложено несколько разведочных скважин. Так, к востоку от кварцитовой полосы заложено две скважины (№ 992 и 146), к северо-западу от нее скважина № 120 и одна скважина (№ 8-л), с гидрогеологическими целями, к западу от полосы кварцитов. Скважины № 120 и 992 не достигли докембрийского фундамента и были остановлены в старооскольских известняках верхнего горизонта (второй горизонт).

Скважиной № 146, расположенной к востоку от кристаллической полосы, вскрыты следующие осадки, лежащие на докембрии, которые могут быть отнесены к первому горизонту старооскольского подъяруса.

1. Рудная брекчия. Мощность 0,20 м.

2. Переслаивание алевритов с аргиллитами. Пестроцветная толща, в нижней части с окрашенными участками (за счет гидроокислов железа) и мелкими скоплениями мартитового порошка. Мощность 11,24 м.

В западной части Веретенинского участка скважина № 8-л вскрывает следующий разрез первого горизонта старооскольского подъяруса; снизу вверх на гранитах докембрия здесь залегают:

1. Алевритистая пепельно-серая глина, местами переходящая в алевролит. Содержит многочисленные прослойки серых аргиллитов. На глубине 286,30—286,50 содержит прослоечку алевритистого известняка. Мощность 14,55 м.

2. Голубовато-серый рыхлый песок, чередующийся с тем же уплотненным слабо ожелезненным песком. В нижней части разреза пески ярко-зеленые, глинистые. Мощность 8,45 м.

3. Песчаник слабый, голубоватый с ржавыми глинистыми прослоечками. Мощность 2 м.

4. Песок голубовато-серый, грубозернистый, в верхней части уплотненный до степени слабого песчаника. Мощность 3,85 м.

5. Песок то глинистый, зеленовато-серый, то более чистый, серый, разнозернистый, с преобладанием мелкого, местами переходит в песчаник, местами содержит незначительные прослоечки глин. Для толщи характерен очень плохо окатанный кварц, пирит, глауконит. Содержатся обломочки панцырных рыб. Мощность 25,90 м.

Западнее, в скважине № 291, у с. Осоцкое, первый горизонт девона представлен снизу вверх:

1. Конгломератовидной, ржаво-фиолетовой, пятнистой песчанистой, неясно слоистой глиной с галькой оруденелого слабого песчаника. Мощность 1,45 м.

2. Неясно слоистой голубовато-зеленой темной, сильно песчанистой глиной с ходами илоядов, заполненными песком. Зерна кварца очень плохо окатаны. Мощность 2,45 м.

Таким образом, первый горизонт старооскольских слоев носит ярко выраженный прибрежно-континентальный характер. Грубообломочные породы, широко распространенные в пределах по склонам кристалличе-

ских выступов, указывают на наличие здесь возвышенных участков, существовавших в старооскольское время и подвергавшихся процессам выветривания и размывания.

У подножия этих выступов беспорядочно накапливался рухляковый материал, который подвергался процессам выветривания в условиях суши, повидимому, в последевонское время.

На небольших площадях в осадках первого горизонта прослеживаются поверхности размыва, указывающие на колебания режима бассейна. Периодические обмеления отдельных участков бассейна и осушения их вызывают размывание ранее отложившихся осадков и переотложение их в виде окатанной глинистой гальки в соседних участках водоема. Местами возникали водоемы озерно-болотного типа, в которых происходило накапливание глинистых осадков с включением значительного количества приносимых с берега растений.

Широко распространены в нижней части первого горизонта старооскольского подъяруса рудные конгломераты, брекчии и рыхлые переотложенные руды, состав которых довольно однообразен. Обычно руда состоит из различной величины и в разной степени окатанных обломков гематито-мартита, сцементированных карбонатно-железистым, а иногда карбонатно-глинистым цементом. Средняя мощность рудного конгломерата равна 2 м, но в некоторых скважинах наблюдается несколько прослоев переотложенных руд с общей мощностью, достигающей 30 м. Все переотложенные руды приурочены к поверхности и склонам кристаллической полосы. За пределами кристаллической полосы они отсутствуют.

В пределах кристаллической полосы в центральной части Веретенинского участка в основании первого горизонта прослеживается линза песчаника, состоящая из скорлуповатых хлоритово-железистых оолитов.

Второй горизонт старооскольского подъяруса распространен только по окраинам кристаллических полос и за пределами их.

В пределах кристаллических полос он встречается только во впадинах. По составу этот горизонт более однообразен и выдержан во всех местах его нахождения. Наибольшую мощность он имеет на участке, расположенном к западу от кристаллической полосы.

В северо-западной и западной частях Льговского участка второй горизонт вскрывается скважинами № 291 и 120. Так же как и во всех остальных местах своего распространения в пределах территории КМА, в Михайловском районе второй горизонт девона в верхней и нижней частях несколько отличен. Верхняя часть его обычно представлена слоистыми, часто жирными на ощупь глинами, а нижняя — глинистыми кавернозными известняками или известковистыми глинами. В пределах Михайловского района в нижней части преобладают доломиты, чаще алевритистые и песчанистые, чем глинистые.

С процессом доломитизации связана сильная перекристаллизация известняковых пород и исчезновение в них фауны, которая частично перекристаллизовалась, а частично растворилась. Наиболее полный разрез второго горизонта старооскольского подъяруса дает скважина № 8-л. Снизу вверх здесь прослеживается:

1. Известковистый песчаник с галькой известняка. Мощность 1 м.

2. Доломитизированный зеленовато-серый, глинисто-алевритистый известняк, содержащий плохо окатанные зерна кварца. Из фауны встречено незначительное количество неопределимых остракод. Мощность 0,60 м.

3. Глина зеленовато-серая, песчанистая, известковистая. Содержит значительное количество более или менее окатанных круглых зерен кварца. Встречается значительное количество обломочков панцырных

рыб. Из остракод встречено много *Healdianella distincta* Pol. Мощность 0,20 м.

4. Доломитизированный алевритистый серый известняк. Содержит остатки рыб и значительное количество однообразных остракод: *zaborovia obscura* Pol. и *Samarella crassa* Pol. Мощность 0,80 м.

5. Доломитизированный серый и зеленовато-серый известняк алевритистый, с жилками алевритистых зеленовато-серых глин. Местами содержит много мелких стяжений пирита, неокатанный кварц и мусковит. Из фауны встречены в значительном количестве измельченные и окатанные кусочки панцырных рыб и из остракод *Healdianella distincta* Pol. *Eurychilina mirabilis* Pol. *Monoceratina sublimis* Pol. Встречено также много *Tentaculites*. Мощность 23,70 м.

6. Известняк плотный, глинистый, серый с *Atrypa*. Из остракод встречены *(Ectodemites) janischewskyi* Pol. и *Eurychilina mirabilis* Pol. Мощность 6,10 м.

7. Известняк плотный, серый, алевритистый; содержит *Healdianella distincta* Pol. и *Costatia guasilitiformis* Pol. Мощность 5 м.

8. Серые и голубовато-серые алевритистые глины с прослойками оливковых глин и серого рыхлого песчаника (на глубину 197,55 м) с растительными остатками по напластованию. Для всей толщи глин характерно обилие ходов илоядов, заполненных слюдистым песком, присутствие растительных остатков по напластованию. На глубине 197,00—198,50 м находится известковистая прослойка, содержащая незначительное количество гладких остракод и в верхней части бурожелезняковые скорлуповатые оолиты. Во всей толще содержится неокатанный кварц, пирит, местами мусковит. Мощность 11,8 м.

Общая мощность второго горизонта в скважине № 8-л равна 49,20 м.

В скважине № 120, расположенной в северо-западном углу Веретенинского участка, осадки второго горизонта старооскольского подъяруса до конца пробурены не были. Видимая их мощность 59,98 м.

Скважиной № 99, расположенной к востоку от кристаллической полосы снизу вверх вскрываются следующие отложения второго горизонта старооскольского подъяруса.

1. Известняк зеленовато-серый с фауной. Мощность 2,14 м.

2. Аргиллит пестроцветный, слабооруденелый, за счет чего преобладают красные тона, в нижней части известковистый. Мощность 10,76 м.

3. Переслаивание пестрых алевритов с алевролитами. Вся толща участками слюдистая и известковистая. Мощность 20,09 м.

4. Глина серая, тонкопесчанистая, в нижней части слоя переходит в зеленовато-серый глинистый алеврит. Мощность 4,70 м.

5. Известняк серый. Мощность 0,60 м.

6. Аргиллит зеленовато-серый, плотный. Мощность 1,10 м.

7. Известняк серый, тонкозернистый, углистый. Мощность 1,98 м.

8. Глина серая, слабосланцеватая. Мощность 3,02.

9. Глина коричневая, плотная, жирная на ощупь, слабо рассланцованная с прослойками тонкоплитчатых зеленоватых глин. Мощность 5,10 м.

Общая мощность второго горизонта в скважине № 99 равна 49,49 м.

В пределах кристаллической полосы скважина № 156 на первом горизонте старооскольского подъяруса вскрывает толщу песчанистых глин, вверху оливково-зеленых, внизу зеленовато-серых, известковистых, содержащих тонкие прослойки серых известняков, которые могут быть отнесены ко второму горизонту. Мощность 18,38 м.

В скважине № 231 расположенной на восточной окраине кристаллической полосы в пределах Веретенинского участка, во втором горизонте старооскольского подъяруса снизу вверх прослеживаются песчанистые

глины голубовато-зеленые с прослойкой песчанистого известняка, в котором обнаружены ядра остракод типа *Marginia selebratis* Pol. Общая мощность глин равна 20 м.

Таким образом, второй горизонт старооскольского подъяруса на территории Михайловского района представлен толщей морских мелководных, но более постоянно выдержанных осадков. Преобладающее наличие в восточной части участка терригенного материала в составе второго горизонта указывает на близкое соседство береговой линии или островных выступов докембрийского массива.

Более широкое развитие известняков в основании второго горизонта к западу от кристаллической полосы указывает на более открытый характер этой части морского бассейна.

Щигровский подъярус имеет очень ограниченное распространение на территории Михайловского района. Он вскрывается скважинами только вне кристаллической полосы и представлен здесь главным образом нижним своим горизонтом (третий горизонт девона территории КМА); четвертый горизонт вскрывается только наиболее удаленной от кристаллической полосы скважиной № 8-л и скважиной № 291, расположенной у с. Осоцкого.

Нижний горизонт Щигровского подъяруса вскрывается рядом скважин, расположенных по окраине кристаллического массива и за его пределами.

В скважине № 8-л на втором горизонте девона лежат:

1. Глина стально-серая, плотная с большим количеством растительных остатков в виде фитолеймов, расположенных как параллельно напластованию, так и вертикально. Последнее обстоятельство указывает на захоронение растительных остатков в водоеме болотного типа на месте их произрастания. Мощность 1,10 м.

2. Глина песчанистая, внизу зеленовато-серая, вверху шоколадного цвета, содержит в нижней части глинисто-железистые скорлуповатые оолиты, неокатанный кварц и мусковит. Из органических остатков встречены только мелкие обломочки панцырей рыб. Мощность 2,70 м.

3. Алеврит более или менее глинистый, пестрокрашенный в желтые и бело-розовые тона. Содержит неокатанный и плохо окатанный кварц, мусковит, глинисто-железистые скорлуповатые оолиты и в некоторых местах зерна более или менее окислившегося сидерита, пирит. Мощность 18,10 м.

4. Песчаник белый, мелкозернистый каолинистый. Содержит пирит. Зерна кварца неокатаны. Мощность 1,40 м.

В скважине № 120 на втором горизонте старооскольского подъяруса лежит каолинистый алеврит, содержащий прослойки несколько более грубозернистого песка и в нижней части прослойку глин со скоплением растительных остатков по напластованию, в виде фитолеймов. Кварц неокатан. Местами встречается мусковит. В основании горизонта наблюдается наличие зерен гравия. Мощность 10,68 м.

В скважине № 281, расположенной на территории Остаповского участка, возможно, к третьему горизонту девона относится коричневато-рыхлый песчаник, содержащий измельченные растительные остатки. Мощность 4,60 м.

В скважине № 99 к третьему горизонту могут быть отнесены глинистые светлосерые, слюдистые алевриты, содержащие прослой коричневой глины и светлокоричневой глины и тонкозернистого коричневого песка. Мощность 12,56 м.

Из приведенных описаний видно, что третий горизонт представлен каолинистыми алевритами и более чистыми слюдистыми песками.

Для этого горизонта характерна слабо выраженная сортировка материала и слабая окатанность кварца, являющегося главной составной частью породы. По керну местами наблюдаются признаки косой слоистости. Все это указывает на то, что осаждение данного типа осадка происходило быстро в умеренно подвижной воде, повидимому, в придельтовых частях бассейна.

Средний горизонт щигровского подъяруса имеет еще более ограниченное распространение. На территории Михайловского района он почти повсеместно смыт. Его вскрывают скважины, наиболее далеко отстоящие от кристаллической полосы.

В скважине № 8-л на третьем горизонте снизу вверх лежат:

1. Глина зеленовато-серая и серая, местами с ходами илоядов, заполненными алевритом, местами плотная с *Lingula;* содержит прослойки светлосерого алеврита. Имеется значительное количество неокатанного кварца, пирит, мусковит. Мощность 10 м.

2. Глина коричневато-красная (шоколадного цвета), жирная на ощупь, содержит тонкие листочки мусковита и редкие зерна плохо окатанного кварца. Мощность 2,48 м.

3. Глина зеленовато-серая с ходами илоядов, заполненными алевритистым песком. Содержит неокатанный кварц, мелкие неправильной формы зерна желтого сидерита, много обломков тонких раковин типа *Lingula* и редкие окатанные кусочки фосфоритизированных остатков рыб. Мощность 2,32 м.

4. Глина вверху шоколадного цвета, внизу голубовато-серая, жирная на ощупь. Мощность 5,90 м.

5. Глина голубовато-зеленая, жирная на ощупь. Содержит немного неокатанного и плохо окатанного кварца и редкие фосфоритизированные кусочки панцырей рыб. Мощность 0,55 м.

Общая мощность четвертого горизонта по скважине № 8-л равняется 21,25 м.

Скважиной № 99 вскрываются лежащие на третьем горизонте глины зеленовато-серые, плотные, тонкопесчанистые, с прослойками серого алеврита и коричневатой глины. Мощность 22,76 м.

В четвертом горизонте девона Михайловского района значительно сокращены характерные для него пластичные чистые шоколадного цвета и голубовато-зеленые глины. Обычно здесь они более или менее песчанисты и содержат большее количество песчаных и алевритистых прослоек.

Девонская толща Михайловского района представлена в нижней части континентально-прибрежными осадками (первый горизонт старооскольского подъяруса), а в верхней — более нормально морским. Песчанистый характер осадков в целом и большая мощность грубообломочных пород первого горизонта указывают на наличие в пределах этого района широко распространенных возвышенностей, сложенных кристаллическими породами докембрия, которые являлись источником сноса различных обломочных пород, отлагавшихся у подножия склонов и в некотором удалении от них.

Тимской участок

А. Д. Архангельский в 1926 г. высказывает предположение о том, что в направлении от Щигров к Тиму происходит постепенное выклинивание более низких горизонтов девонских осадков и что в районе Тима существуют только отложения щигровских слоев отнесенные им к горизонту $Д_b$.

Марковским на Тимском участке по комплексам макрофауны были выделены старооскольские слои.

Просмотр значительного числа скважин и анализ выделенных комплексов микрофауны дает нам возможность констатировать наличие здесь всех горизонтов старооскольского и щигровского подъярусов. Некоторые из них значительно сокращены в мощности.

Глинисто-песчано-конгломератовый горизонт Старооскольского подъяруса. Данный горизонт широко распространен на территории Тимского разведочного участка. В районе с. Рогового в нижней части горизонта преобладают слоистые песчаники, часто переходящие в конгломераты. Обычно они более или менее хорошо сцементированы и характеризуются тем, что галька докембрийских пород, входящая в их состав, обычно уплощена и бывает неравномерно выветрелая. В составе этих слоистых конгломерато-песчаников значительное место занимают более или менее окатанные обломки панцырных рыб. В некоторых точках участка наблюдаются прослойки брекчии, нацело состоящей из обломков панцырей рыб. В основании глинисто-песчано-конгломератового горизонта в районе г. Тима и с. Панки довольно часто встречаются переотложенные руды, иногда рыхлые, иногда значительно уплотненные.

Верхняя часть глинисто-песчано-когломератового горизонта сложена в районе с. Рогового главным образом алевритистыми глинами и глинистыми алевритами, а также имеет тонкие прослойки конгломератов и песчаников. О деталях строения глинисто-песчано-конгломератового горизонта можно судить по данным скважины № 659, расположенной в районе с. Рогового.

Снизу вверх на кварците лежат:

1. Горизонт плотный мартитовой руды с трещинами, заполненными пиритом. Мощность 4,50 м.
2. Рыхлая руда типа «синька». Мощность 12,15 м.

Оба описанных выше горизонта возможно относятся к коре выветривания докембрийских кварцитов.

3. Зеленовато-серый алеврит в средней части оруденелый. Мощность 1,05 м.
4. Плотный конгломерат с рудной галькой и глинисто-песчанистым цементом. Мощность 0,55 м.
5. Рыхлая руда типа «синька». Имеет прослойки рыхлого мартитового песка, содержащего гальку и кварцевые зерна. Мощность 2,70 м.
6. Конгломерат, состоящий из рудной (гематитовой) гальки и алевритисто-известковистого цемента. Мощность 0,20 м.
7. Конгломерат, состоящий из песчаниковой и более редкой рудной гальки и песчано-глинистого цемента. Мощность 0,20 м.
8. Бурожелезистый песчаник с мелкими жеодками, заполненными мелкими кристаллами. Мощность 0,50 м.
9. Бурый жеодистый железняк с алевритом внутри жеод. Мощность 0,15 м.
10. Зеленовато-серый алеврит. Содержит включения рудной гальки. Мощность 0,15 см.
11. Рудный конгломерат вверху плотный, внизу рыхлый. Мощность 1,35 м.
12. Буровато-зеленоватый алеврит. Содержит мелкую рудную гальку. Мощность 1,65 м.
13. Твердая гематито-мартитовая руда. Мощность 2,85 м.
14. Рыхлая руда типа «синька» с более темным марганцовистым оттенком. Мощность 4,34 м.
15. Крупный рудный конгломерат. Мощность 0,15 м.
16. Глина плотная, жирная, желтоватая. Мощность 0,70 м.

17. Алеврит голубовато-зеленоватый. Мощность 0,70 м.

18. Глина плотная, жирная, буроватая. Мощность 0,60 м.

19. Конгломерат, состоящий из обломков панцырных рыб и глинистого цемента. Мощность 0,10 м.

20. Зеленоватый алеврит, внизу глинистый. Содержит остатки панцырных рыб. Мощность 3,60 м.

21. Более грубый песчаник со скоплением обломков панцырных рыб в нижней части. Мощность 0,65 м.

22. Песчаник глинистый с тонкими прослойками, переполненными остатками девонских рыб. В верхней части содержит углистые включения, внизу имеется тонкая прослойка аркозового песчаника. Мощность 1,15 м.

Таким образом, вся девонская толща скважины № 659 состоит из переслаивающихся плотных или рыхлых рудных прослойков, алевритов и глин, отложившихся в зоне мелководья у берега.

В скважине № 680 этого района глинисто-песчано-конгломератовый горизонт несколько сокращен в мощности и в его верхней части представлен зелеными глинами, а в нижней конгломератами.

На хлоритовых сланцах докембрия в этой скважине лежат:

1. Конгломерат, вверху более глинистый зеленый, внизу ожелезненный, с большим количеством рудной гальки. Мощность 5,40 м.

2. Глина темнозеленая плотная, вверху с ходами илоядов, заполненными желтоватой плотной глиной, несколько смята, внизу со следами скольжения по напластованию. Изредка встречаются более или менее окатанные зерна кварца. Мощность 4,35 м.

3. Глина зеленая, рухляковая, распавшаяся на мелкие чешуйки в процессе высыхания. Содержит много железной слюдки. Мощность 0,50 м

В скважинах № 698 и 758 в первом горизонте старооскольского подъяруса содержится прослойка зеленых глин, переполненных очень мелкими скорлуповатыми железистыми оолитами.

В районе г. Тима глинисто-песчано-конгломератовый горизонт еще более сокращен, а местами отсутствует совершенно.

В скважине № 712 на выветрелых сланцах докембрия лежат:

1. Галечник, состоящий из обломков докембрийских сланцев. Мощность 2,30 м.

2. Песчаник мелкозернистый светлосерый, слабый. Мощность 2,45 м.

В разрезе скважины № 710 на сланцах докембрия вскрываются:

1. Валун железистых кварцитов (по буровому журналу), так как образца в ящике не оказалось. Мощность 1,59 м.

2. С глубины 183,60—189,58 м керн не вынут.

3. Глина темнозеленая, плотная. Мощность 4,35 м.

В скважине № 656 на докембрии лежат:

1. Конгломерат, состоящий из более или менее окатанных обломков докембрийских пород, скрепленных известковистым цементом. Мощность 3,45 м.

2. Глина сухарная, жирная на ощупь, алевритистая, белого цвета переслаивающаяся с буровато-охристой глинисто-аргиллитовой породой. Мощность 3,60 м.

Таким образом, в районе г. Тима первый горизонт старооскольских слоев по составу своему является более грубообломочным, что свидетельствует о близости береговой зоны девонского моря или об островном характере моря в этом участке.

Глинисто-известняковый горизонт. Второй горизонт старооскольского подъяруса имеет почти повсеместное распространение на территории Тимского разведочного участка. Представлен он здесь тем-

ными глинистыми, изъеденными выщелачиванием известняками и темно-серыми известковистыми глинами. Обычно глины и известняки чередуются, но в общем глины слагают верхнюю часть горизонта, а известняки — нижнюю.

В скважине № 680 на первом горизонте старооскольского подъяруса лежат:

1. Глина темносерая, известковистая, рухляковая, несколько песчанистая. Содержит прослойки темносерого глинистого сильно изъеденного известняка. В известняке встречены единичные кораллы. Встречается много остракод, члеников лилий, спикул губок, немного тентакулит и трохилиск. Мощность 8,61 м.

2. Серые известковистые глины, плотные. Содержат аллохтонные растительные остатки. Мощность 5,24 м.

В скважине № 670 окрестностей с. Рогового второй горизонт старооскольского подъяруса сложен чередующимися темносерыми глинами и глинистыми темными известняками. Общая мощность этого горизонта здесь равна 2,80 м.

В скважине № 665 на темнозеленых глинах первого горизонта лежат:

1. Темносерый изъеденный, глинистый известняк. Мощность 0,50 м.
2. Глина черная рухляковая с выцветами солей на выветрелой поверхности. Мощность 2,25 м.
3. Светлосерый мергель. Мощность 0,70 м.
4. Зеленая, жирная, внизу брекчированная глина. Мощность 0,95 м.
5. Серая алевритистая глина. Мощность 0,90 м.

В скважинах № 698 и 758 второй горизонт очень сильно сокращен.

В скважине № 698 на глинистых песчаниках первого горизонта лежат:

1. Глина темная, зеленовато-серая, рухляковая, с выцветами солей на выветрелой поверхности. Мощность 3,45 м.
2. Известняк темносерый, почти черный внизу, зеленоватый, песчанистый. Мощность 2,50 м.
3. Глина черная, тонкослоистая. Мощность 0,60 м.

В районе г. Тима второй горизонт старооскольского подъяруса также сокращен в мощности и по составу своему является более мелководным. В скважине № 707 на темнозеленых глинах первого горизонта лежат:

1. Чередующиеся известковистые темносерые глины и глинистые известняки. В верхней части разреза известняки песчанистые, местами переходящие в известковистые песчаники. Мощность 5,57 м.
2. Глина темносерая песчанистая, с ходами илоядов, заполненными песком. Мощность 0,96 м.
3. Следующие 4 м керн не вынут.
4. Глина зеленая, плотная. Мощность 3,95 м.

В скважине № 705 в глинисто-известняковом горизонте снизу вверх фиксируются:

1. Изъеденные песчано-глинистые известняки с остракодами. Мощность 2,90 м.
2. Глина зеленовато-серая плотная. Мощность 2,25 м.

В скважине № 656 в интервале 157,48—162,08 м лежит зеленый брекчиевидный сильно песчано-глинистый известняк второго горизонта. Мощность 4,60 м.

Алевритово-каолинистый горизонт. Нижний горизонт щигровского подъяруса менее широко распространен на территории Тимского участка. В ряде скважин он отсутствует. Этот горизонт представлен здесь песчаниками светлыми, почти белыми, каолинистыми или зеленовато-серыми, оолитовыми глинистыми, состоящими из бурожелезняковых скорлуповатых оолитов и глинисто-железистого цемента.

В центре оолитов часто содержится зеленый хлорит. Мощность этого горизонта обычно незначительна и колеблется от 0 до 17 м.

Данные отложения являются береговыми осадками трансгрессирующего щигровского моря. Оолитовые разности песчаников отлагались в условиях наиболее подвижной воды при избытке железистых растворов.

В скважине № 665 у с. Роговое нижняя часть щигровского подъяруса представлена светлым желтовато-серым, слюдистым песчаником, содержащим прослойку серых алевритистых глин. Мощность 5,90 м.

В скважине № 758 в составе третьего горизонта девона фиксируются снизу вверх:

1. Зеленая плотная глина, содержащая большое количество бурожелезняковых скорлуповатых оолитов. Мощность 0,70 м.

2. Песчаник темносерый, почти черный с аллохтонными углистыми остатками. Мощность 1 м.

В скважине № 670 низ щигровского подъяруса состоит из алеврита каолинистого, белого с желтоватыми пятнами. Мощность 8,95 м.

В скважине № 698 оолитовый зеленый песчаник третьего горизонта имеет мощность 1,10 м.

В районе г. Тима во многих осмотренных нами скважинах отложения щигровского подъяруса полностью отсутствуют в связи с размывом их в предъюрское время.

В скважине № 656 на глинах старооскольского подъяруса лежит белый каолинистый алеврит с прослойкой зеленовато-ржавых глин. Общая мощность 7,75 м.

В скважине № 706 этого же района светлосерые, слабо каолинистые алевриты нижнего горизонта щигровского подъяруса имеют мощность 3,94 м.

В скважине № 703 мощность розово-сиреневых алевритов достигает 16,20 м.

Горизонт полосчатых глин. Данный горизонт, отнесенный к средней части щигровского подъяруса, на территории Тимского участка встречается спорадически. В более южных точках этого участка на значительной площади своего распространения он размыт как в окрестностях с. Рогового, так и в районе города Тима. В большинстве просмотренных нами скважин он отсутствует. У с. Рогового в скважине № 684 на нижнем горизонте щигровского подъяруса лежат:

1. Глины плотные, жирные на ощупь, вверху голубоватые, внизу полосчатые. Мощность 4,75 м.

2. Глины плотные, голубовато-зеленые алевритистые с остатками рыб. Мощность 5,78 м.

В скважине № 675 на розовато-сиреневых каолинистых алевритах третьего горизонта лежат:

1. Конгломерат, состоящий из рудной гальки и известковистого цемента. Мощность 2,90 м.

2. Тонкослоистые, пестрые песчаники, состоящие из мелких угловатых кусочков панцырей рыб, песчаников, кварцитов и сланцев докембрия и более или менее окатанных зерен кварца. Мощность 1,10 м.

3. Охристо-желтые, плотные глины. Мощность 5,65 м.

4. Алевритистые зеленовато-серые, плотные глины. Мощность 5,55 м.

В скважине № 705, находящейся в окрестностях г. Тима, вскрываются лежащие на песчанике нижнего горизонта щигровского подъяруса:

1. Полосчатые, плотные, жирные глины. Мощность 4,56 м.

2. Сидеритовый зеленовато-серый песчаник. Мощность 2,19 м.

3. Глина полосчатая, жирная на ощупь, с прослойками песчанистой глины. Мощность 6,79 м.

4. Алевриты зеленоватые. Содержат остатки рыб. Мощность 5,06 м.

Щигровский подъярус на территории Тимского участка так же, как и старооскольский подъярус, представлен более мелководными осадками, что выражается в преобладании здесь алевритистых глин и прослоек чистых алевритов.

В скважине № 667 вся толща девона, соответствующая щигровскому подъярусу, выражена обломочными породами. Здесь на кварцитах докембрия лежат:

1. Рыхлая руда типа «синька», повидимому, переотложенная. Мощность 7,58 м.
2. Конгломерат плотный, рудный. Мощность 0,50 м.
3. Слой валунов железистых кварцитов. Мощность 0,82 м.
4. Песчаники светлосерые, сидеритизированные, с остатками панцырных рыб и *Estheria*. Мощность 0,40 м.
5. Глина охристо-желтая, плотная. Мощность 0,55 м.
6. Глины голубовато-серые алевритистые, внизу более грубопесчанистые. Мощность 3,35 м.

Глинисто-мергелистый горизонт. Верхняя часть щигровского подъяруса вскрывается только двумя скважинами, расположенными в районе с. Рогового. В скважине № 680 на полосчатых глинах четвертого горизонта лежат:

1. Шоколадного цвета аргиллит, переходящий в алевролит, с неясной слоистостью. Содержит пирит, сидерит и очень мелкий мусковит. Мощность 5,90.
2. Зеленовато-серый тяжелый алевролит. Содержит очень много бледножелтых мелких кристалликов сидерита. Мощность 2,95 м.
3. Глина известковистая очень тяжелая, зеленовато-серая, неясно слоистая. Содержит бледножелтые мелкие зерна сидерита, редкие угловатые зерна кварца, перекристаллизованные тентокулиты. Мощность 2,25 м.
4. Песчаник бурый, плотный сидеритовый. Мощность 0,55 м.
5. Глина плотная песчанистая, зеленовато-серая. Содержит очень мелкие пылеватые янтарножелтые зерна сидерита. Макрофауна (*Tentaculites*) очень редка. Мощность 0,40 м.
6. Глина плотная зеленовато-серая. Мощность 0,40 м.
7. Глина плотная, вверху голубоватая, жирная на ощупь, внизу серая, несколько песчанистая. Мощность 7,60 м.

В скважине № 694 глинисто-мергелистый горизонт снизу вверх представлен:

1. Рыхлыми светлосерыми мелкозернистыми песками, которые содержат мусковит, кварц равномернозернистый неокатанный. Мощность 3,5 м.
2. Глинами зеленовато-серыми, чередующимися с розоватыми то алевритистыми, то более чистыми, которые содержат тонкие прослойки мергелей и мергелистых глин. Мощность 25,85 м.

Девонские отложения Тимского участка являются более нормально морскими. Даже глинисто-песчано-конгломератовый горизонт выражен здесь более мелкозернистыми разностями пород — рудными песками и глинами с тонкими прослойками конгломератов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДЕВОНСКИМ ОТЛОЖЕНИЯМ

1. Состав и строение девонских отложений территории Курской магнитной аномалии хорошо отражают палеогеографическую обстановку конца среднего и начала верхнего девона на территории Центрального девонского поля.

2. Наличие каолина во всех разностях девонских пород указывает на глубоко проходившие процессы выветривания на поверхности прилежащей суши в условиях влажного и теплого климата. О влажности климата в конце живетского и в начале франского века свидетельствуют найденные Л. Г. Раскатовой комплексы спор, среди которых встречены представители папоротникообразных, плауновых и членистостебельных.

3. Комплексы микрофауны, характерные для второго горизонта старооскольского подъяруса, в своих сочетаниях различны в разных районах территории КМА. Замечается приуроченность гладкораковинных форм к песчано-алевритистым осадкам; шиповатых форм — к глинистым осадкам. Такая разница в условиях жизни остракод особенно проявляется в пределах Тимского и Старооскольского узла. На участках, где второй горизонт старооскольского подъяруса сложен алевритистыми породами, встречаются комплексы исключительно гладкораковинных остракод, на участках же распространения зеленовато-серых известковистых глин сосредоточены комплексы остракод с преобладанием шиповатых форм.

На участке Михайловском, где исключительно широко развиты алевритистые глины, остракоды с шиповатыми раковинами не встречены. Подобная разница в палеоценозах остракод обусловлена, повидимому, различием в образе их жизни в связи с разной средой. Е. Н. Поленова отмечает, что остракоды с шиповатыми раковинами являются бентонными организмами, а гладкораковинные — планктонными.

4. Разница в литологическом составе первого горизонта старооскольского подъяруса на территории Михайловского, Тимского и Старооскольского районов обусловлена наличием более нормальных морских условий в северо-восточной части территории КМА и наличием значительного по площади выступа докембрийских пород на территории Михайловского района, где накапливаются главным образом грубообломочные породы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. и Корбуш И. И. Общие результаты максимума Курской магнитной аномалии. Труды особой комиссии по исследованию курских магнитных аномалий при Президиуме ВСНХ СССР. В. VII, 1926.
2. Архангельский А. Д. и Корбуш И. И. Общие результаты разведочных работ в области щигровского максимума Курской магнитной аномалии. Там же.
3. Архангельский А. Д. и Козин К. П. Бурение в области Тимского минимума Курской магнитной аномалии. Там же.
4. Архангельский А. Д. и Козин К. П. Разведочные работы в области Салтыковского и Огибнянского хребтов Курской магнитной аномалии. Там же.
5. Боголюбов Н. Н. О юрских отложениях у с. Семилуки в окрестностях г. Воронежа. Бюллетень об-ва естествоиспытателей при Воронежском гос. университете, 1925.
6. Богословский Н. О фауне рязанского горизонта. Зап. минер. об-ва, XXXIII, 1896.
7. Борисяк А. А. *Pelecypoda* юрских отложений Европейской России. Труды Геол. ком в. II, 1904; в. 19, 1905; в. 29, 1906; в. 44, 1909.
8. Бакиров А. А. Геологическое строение и перспективы нефтеносности палеозойских отложений Среднерусской синеклизы. Гостоптехиздат. 1948.
9. Венюков П. И. Фауна девонской системы северо-западной и центральной России, 1886.
10. Геккер Р. Ф. К палеогеографии девона Русской платформы. 1939.
11. Девон Русской платформы. Сб. докладов. Гостоптехиздат. 1953.
12. Даньшин Б. М. Геологическое строение Орловского округа в пределах 45-го листа. Известия Геол. ком., т. 48, № 6. Л., 1949.
13. Дубянский А. А. и Скорин А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. В. 1, 2 и 3, 1949.
14. Дубянский А. А. Гидрогеологические районы Воронежской области. В. 1, 1935.
15. Квитка С. К. Геологические экскурсии по северо-западной части Воронежской губернии, по рекам Дону, Девице, Ведуге. Горный журнал, 1901.

16. Никитин С. О стратиграфическом строении юры в области бассейнов рек Москвы и Оки. Протоколы V съезда Русского общества естествоиспытателей. СПб. 1880.
17. Никитин С. Юрские образования между Рыбинском, Малогой и Мышкиным. Матер. геолог. России, в. X, 1881.
18. Никитин С. Заметка по вопросу о последовательности пластов волжского яруса Московской юры. Зап. Минер. об-ва, XIX, 1883.
19. Пахт Р. Общий отчет об исследовании девонской полосы Европейской России, произведенное в 1853 г., кн. VI, изд. РГО.
20. Поленова Н. Остракоды девонских отложений центрального девонского поля и Среднего Поволжья. Гостоптехиздат, 1953.
21. Поленова Е. Н. Остракоды верхней части живетского яруса Русской платформы. Микрофауна СССР. Сб. V. Гостоптехиздат, 1952.
22. Толстихина М. М. К стратиграфии девонских отложений центрального девонского поля. Материалы по геологии Европейской части СССР. Госгеолиздат, 1952.

И. В. ПОПОВ

ВОПРОСЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Изучение гидрогеологических условий эксплуатации руд Курской магнитной аномалии началось еще в довоенные годы и велось по двум основным направлениям — выяснению общих региональных гидрогеологических условий и выяснению гидрогеологических условий разработки богатых руд открытым способом. Инженерно-геологическими вопросами, связанными с этим, не занимались; исследованиями же руководил и частично выполнял их ВСЕГИНГЕО.

В статье И. Н. Павлова (ВСЕГИНГЕО) освещаются результаты проведенных работ. Самым существенным результатом изучения общих региональных гидрогеологических условий является установление основных типов гидрогеологических условий эксплуатации месторождений КМА в зависимости от характера геологического разреза в различных районах. К сожалению, эти ценные выводы основывались только на общих геологических предпосылках и гидрогеологических данных бурения для водоснабжения за счет подземных вод глубокого залегания. Специальные гидрогеологические разведывательные работы регионального характера почти не проводились. Это существенный недостаток постановки гидрогеологических работ по проблеме КМА. Общегеологические же и горногеологические работы по району КМА приобрели значительное развитие. Более выгодные месторождения обнаружены в местах, для которых гидрогеологических данных, даже для общей предварительной оценки условий эксплуатации, оказывается недостаточно.

Такое положение является следствием того, что геологическое региональное изучение Курской магнитной аномалии ведется не комплексно. Многочисленные разведывательные скважины проходятся так, что никаких данных по гидрогеологии они не дают. Гидрогеологическая изученность месторождения всякого полезного ископаемого должна учитываться при установлении категории запасов, согласно действующим правилам. Необходимо, чтобы некоторый элементарный объем гидрогеологических наблюдений выполнялся при всяком разведывательном бурении в районе КМА. Часть скважин должна быть проходима с полным обеспечением всего необходимого комплекса гидрогеологических наблюдений и отбором проб воды и керна из рудной и надрудной толщи. Для этого скважины, являющиеся опорными гидрогеологическими скважинами, должны буриться колонковым способом или другим вращательным способом с применением соответствующих грунтоносов.

Выполнение гидрогеологических работ должно вестись по единому плану с другими разведочными работами, в том числе с геофизическими.

Отобранные монолиты и керны пород должны быть изучены с целью прослеживания фациальных изменений пород в отдельных стратиграфи-

ческих горизонтах и связанных с этим изменениями их физико-механических свойств.

В отношении пород докембрийской толщи наиболее важным является выявление трещиноватости их и закономерности их распространения в породах различных мест района Курской магнитной аномалии.

Собранные гидрогеологические данные и инженерно-геологические характеристики пород и их состояния должны быть обобщены в виде инженерно-геологической карты КМА и объяснительной записки, которая должна служить для сравнительной оценки условий вскрыши и эксплуатации различных месторождений богатых руд.

Попытка такого районирования, но с учетом лишь одного из инженерно-геологических факторов — гидрогеологических условий, — основанном на данных гидрогеологических исследований, выполненных на КМА за последние годы, дана в статье И. Н. Павлова.

Детальное изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий, необходимых для проектирования вскрыши и эксплуатации богатых руд, выполнялось только для Лебединского месторождения. Более полно изучены гидрогеологические условия искусственного водопонижения. Проведенная длительная откачка и наблюдения за распространением депрессионной воронки показали возможность применения водопонижения перед вскрытием эксплуатационного карьера. Однако вследствие перекрытия руды глинистыми породами юры достигнуть полного осушения надрудной толщи невозможно. Это создаст значительное затруднение для поддержания устойчивости откосов в породах в основании надрудной части, представленных различными глинистыми породами. Поэтому изучение физико-механических свойств этих пород, прогноз их поведения в откосах карьера и выбор соответствующих защитных инженерно-геологических мероприятий является очень важной задачей.

Вопросы динамики состояния и свойств пород после вскрыши их и снятия с них давления вышележащей толщи пород и длительного нахождения в откосах под действием вод атмосферных осадков и вод, поступающих из вышележащих горизонтов, остались не освещенными.

Несмотря на недостаточность изучения инженерно-геологических условий вскрыши лебединской залежи и открытой разработки ее, Фундаментпроект, использовав все имеющиеся гидрогеологические и скудные инженерно-геологические данные, разработал предварительный проект вскрыши и дал оценку различных вариантов ее. Эта работа дает возможность сформулировать основные требования к постановке дальнейших гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, необходимых для составления технического проекта.

С переходом к исследованиям для технического проекта разрозненность в исследованиях особенно вредно будет отзываться на их успешности. Необходимо направить все силы на решение этой важной проблемы.

Очень важно при исследованиях для технического проекта эксплуатации Лебединского месторождения иметь на месте научно-исследовательскую базу. При проведении лабораторных работ на месте легче обеспечить сохранение образцами их естественной влажности, что имеет первостепенное значение. Поэтому организационное и правовое положение горно-геологической станции должно быть укреплено. Авторитетный по составу ученый совет при ней из представителей заинтересованных в проблеме Курской магнитной аномалии производственных и научных организаций мог бы явиться центром, направляющим и координирующим работы по проблеме КМА.

Проектирование эксплуатации открытым способом месторождения полезного ископаемого, скрытого на глубине 80—100 м под толщей водоносных песков, мощностью в несколько десятков метров, представляет весьма сложную горнотехническую задачу. Часто вопрос о необходимых для этого геологических данных сводят к определению и выбору допустимых углов откоса для пород, развитых в надрудной толще. Нельзя забывать, что создание глубокого карьера в толще водоносных пород вызовет развитие различных гидрогеологических процессов, нарушающих устойчивость пород. Предусмотреть, а тем более рассчитать их применительно к намечаемым системам вскрышных и эксплуатационных работ — задача трудная, несмотря на имеющийся в нашей практике опыт эксплуатации глубоких карьеров и разрезов (например, Коркинского разреза на Урале, глубоких карьеров в Кривом Роге и др.). Имеющихся инженерно-геологических данных и данных, которые могут быть получены при дальнейших разведывательных и опытных работах, вес же будет недостаточно.

Надо начать опытную вскрышу, заложив опытный карьер. Только таким путем можно придти к решению проблемы эксплуатации руд КМА открытым способом. Лебединское месторождение не является для этого наиболее подходящим, поскольку сейчас выявляются места с менее глубоким залеганием залежей богатых руд, например Михайловское.

Сложнее проведение исследований гидрогеологических условий эксплуатации железистых кварцитов и руд криворожского типа, подчиненных толще докембрийских пород. Здесь надо проводить работы тем же путем, как при изучении условий эксплуатации богатых руд. Исследования гидрогеологических условий эксплуатации рудных залежей в докембрийских породах надо вести в тесной связи с работами геологов, всесторонне изучающих толщу кристаллических пород, с гидрогеологами, ведущими региональные гидрогеологические исследования в районе Курской магнитной аномалии.

Возможности изучения гидрогеологии кристаллического фундамента и его месторождений железных руд на Коробковском руднике весьма ограничены, но и ими не следует пренебрегать.

Резюмируя сказанное, можно указать следующие основные направления, по которым должны проводиться гидрогеологические и инженерно-геологические работы по проблеме КМА.

1. Региональное гидрогеологическое и инженерно-геологическое изучение района КМА при тесной организационной оперативной увязке его с геологическими исследованиями и поисково-разведочными работами.

2. Изучение процессов гидродинамики при искусственном осушении надрудной и рудной толщи при вскрыше месторождения богатых руд (на Лебединском и других месторождениях).

3. Уточнение путем углубленного изучения пород характеристики их инженерно-геологических свойств в надрудной толще для прогноза их поведения в процессе осушения, вскрыши и эксплуатации месторождения.

4. Прогноз устойчивости откосов карьера применительно к намечаемым проектным заданием вскрыше и эксплуатации Лебединского месторождения и разработка методов расчета устойчивости.

5. Устройство опытного карьера у д. Лебедки или в другом более подходящем месте.

6. Региональное гидрогеологическое изучение условий водоносности докембрийских пород как фактора условий ведения подземной разработки железистых кварцитов и руд криворожского типа.

И. Н. ПАВЛОВ

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ОСУШЕНИЯ

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ КМА

Начало гидрогеологического изучения территории КМА относится ко второй половине XIX века, когда в связи с потребностями в воде для сельского хозяйства, а также для промышленности и железнодорожного строительства, на территории тогдашней Курской губернии был пройден ряд неглубоких буровых скважин. Были вскрыты мергельно-меловой и сеноман-альбский водоносные горизонты и произведено гидрогеологическое обследование территории.

После Великой Октябрьской социалистической революции сооружение водоразборов для эксплуатации подземных вод стало массовым явлением, что дало возможность довольно полно изучить водоносность четвертичных и дочетвертичных пород до глубины 100—150 м от поверхности земли. Водоносность же более глубоких напластований была освещена только редкими скважинами. С развертыванием разведок на КМА, особенно после того, как были выявлены тяжелые гидрогеологические условия на шахте им. И. М. Губкина, выяснилась необходимость производства гидрогеологических и инженерно-геологических работ, главным образом для выяснения характера обводненности месторождений богатых руд и методики их разработки.

Все гидрогеологические и опытные работы на КМА были сконцентрированы в районе Старооскольского рудного узла. Только в самое последнее время к подобным исследованиям приступили и в западных районах Курской магнитной аномалии на Михайловском рудном участке.

Некоторые данные о водоносности надрудной толщи и о воднофизических свойствах слагающих ее слоев были собраны в послевоенные годы в районе Нового Оскола, Льгова, Ястребовки, Тима и в северных районах КМА.

Гидрогеологические исследования на месторождениях Старооскольской группы можно подразделить на два этапа.

Работы первого этапа (1932—1939 гг.) были связаны с разведкой и утверждением запасов богатых руд. Работы второго этапа носили специализированный характер — они были связаны с проектированием способов разработки рудных залежей.

Из многочисленных работ первого этапа, которые в основном были сконцентрированы на Лебединском месторождении, необходимо отметить исследования ЦНИГРИ (Д. И. Щеголев, Н. Д. Краснопевцев, П. Т. Савицкий) и Воронежского геологоразведочного треста (И. А. Русинович, Ф. С. Золосов и др.).

Итоговой работой первого этапа исследований следует считать экспертное заключение ЦНИГРИ по Лебединскому месторождению, являющемуся типичным для Старооскольской группы месторождений.

В указанном заключении отмечается очень сильная обводненность месторождения и крайне тяжелые условия его эксплуатации.

Работы второго этапа начались в 1939 г. с исследований Воронежского геологоразведочного треста под методическим руководством ВСЕГИНГЕО.

Материалы ВСЕГИНГЕО были взяты «Южгипрорудой» за основу при составлении проектного задания разработки Лебединской залежи открытым способом. Война прервала окончание проектных работ по Лебединскому месторождению.

В 1946 г. в Госплане СССР был поставлен вопрос о рациональных способах добычи богатых руд Курской магнитной аномалии.

Специальная экспертная комиссия под председательством академика Л. Д. Шевякова подтвердила преимущество открытого способа разработки перед закрытым для месторождений лебединского типа. Одновременно экспертная комиссия признала, что без осушения всей надрудной толщи разработку богатых руд закрытым способом на месторождениях Старооскольской группы производить нельзя.

В 1949 г. в Госплане СССР была произведена вторичная экспертиза по вопросу освоения железорудных месторождений КМА. Экспертная комиссия, работавшая под руководством академика А. А. Скочинского, отметила тяжелые гидрогеологические условия КМА для разработки богатых руд.

Ввиду неизученности вопроса о способах осушения песчаных надрудных толщ, указанная экспертная комиссия рекомендовала постановку опытных работ.

В 1949—1951 гг. ВСЕГИНГЕО обобщены имеющиеся материалы по гидрогеологии и инженерной геологии и произведено районирование территории КМА по условиям обводненности месторождений богатых руд.

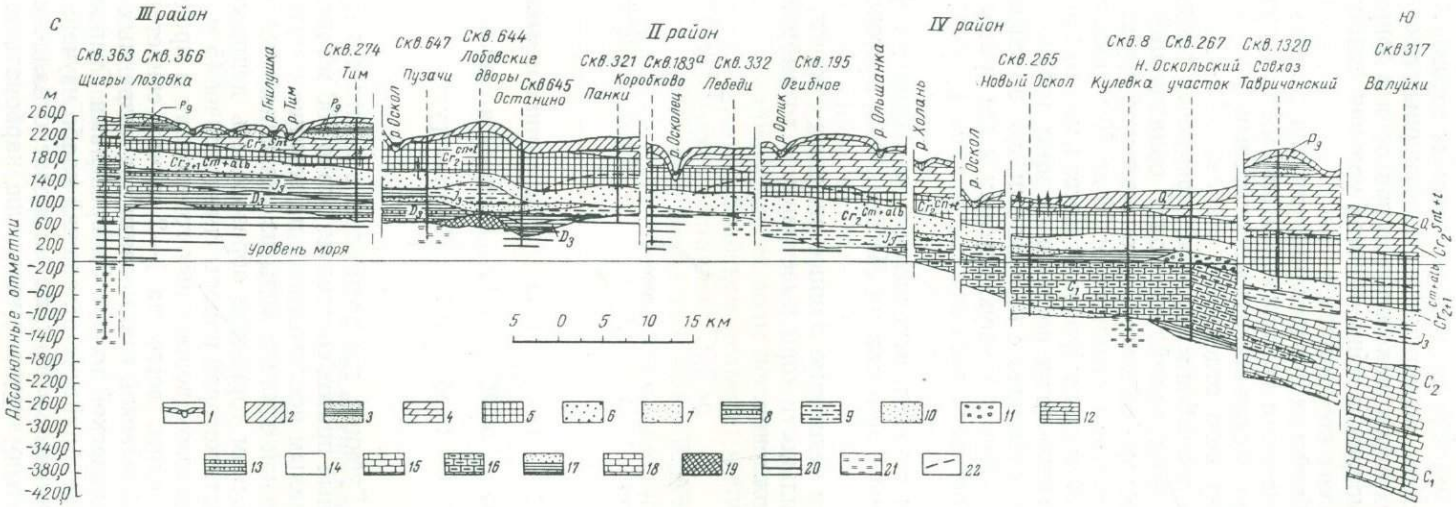
В 1951—1952 гг. на Лебединском месторождении, во исполнение правительственного решения, произведен большой объем гидрогеологических и опытных работ с целью разработки эффективных и экономичных способов осушения надрудных и рудных водоносных горизонтов. Краткие результаты этих исследований изложены в специальном разделе настоящей работы.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Курская магнитная аномалия расположена в пределах Воронежского поднятия докембрийских пород и его склонов, которые на юге переходят в Днепровско-Донецкую впадину, а на севере в Подмосковную котловину. Граница этих двух структурных единиц проходит вдоль южных выходов палеозоя центрального девонского поля по линии Орша — Жиздра — Кромы — Касторная — Воронеж.

В строении Днепровско-Донецкой впадины в пределах рассматриваемой территории принимают участие каменноугольные, юрские, меловые и третичные отложения. Отмеченные комплексы пород имеют общее падение на юго-запад — к центру котловины (1—2 м на 1 км).

В строении Подмосковной котловины в пределах территории КМА участвуют только породы девонского возраста, падающие в северном направлении также под очень пологим углом (фиг. 1). Наличие в геологическом разрезе пластов — хороших коллекторов — предопределяет обилие



Фиг. 1. Геологический разрез по линии Щигры — Коробково — Новый Оскол — Валуйки (II—II)

1 — аллювиальные отложения; 2 — покровные и делювиальные суглинки; 3 — пески и глины; 4 — мергель; 5 — мел; 6 — пески крупнозернистые; 7 — пески мелкозернистые; 8 — глина с прослоями песчаников; 9 — песчаная глина; 10 — пески; 11 — щебень и галька; 12 — глина с прослоями мергеля и известняков; 13 — глина с прослоями песчаников и песков; 14 — породы неизвестного возраста; 15 — известняк; 16 — частое чередование известняков и глин с редкими прослоями песков; 17 — пески и глины; 18 — известняк нижнего карбона; 19 — руда; 20 — железистые кварциты; 21 — сланцы кристаллические; 22 — нижняя граница водоносности для мергельно-меловой толщи (предположительно).

подземных вод на рассматриваемой территории. Этому способствуют также и благоприятные условия питания водоносных горизонтов: отсутствие в геологическом разрезе выдержанных водоупорных прослоев, пологое залегание надрудных слоев, положение территории в зоне значительного увлажнения. Рассмотрим в общих чертах условия водоносности отдельных стратиграфических комплексов.

Водоносность докембрийских образований связана с зоной выветривания, с редкими тектоническими трещинами и зонами нарушения, рассекающими массив протерозойских пород на значительную глубину и с карбонатными породами верхнего отдела.

К зоне выветривания докембрийских пород приурочен так называемый рудно-кристаллический водоносный горизонт, обладающий невысокой водообильностью. На месторождениях Старооскольской группы мощность зоны выветривания кварцитов изменяется от 20 до 60 м, включая и богатые руды, ниже этих глубин докембрийский массив можно принять за относительный водоупор. Исключение составляют зоны дробления, тектонические трещины, контакты сланцев с кварцитами, где водоносная трещиноватость опускается на очень большую глубину и где притоки в отдельные скважины могут достигать нескольких десятков кубических метров в час.

По данным опытных откачек, осредненный коэффициент фильтрации верхней выветрелой зоны кварцитов на Лебединском месторождении не превышал 1 м/сутки.

В табл. 1 приводятся некоторые данные опытных откачек, характеризующие степень водообильности коры выветривания докембрийских пород на Лебединском месторождении.

Таблица 1

№ скв.	Продолжительность откачки в часах	Дебит в л/сек	Понижение в м	Удельный дебит в л/сек	Водоносные породы
1	43	3,37	18,05	0,18	Руда плотная и рыхлая
$Б_2$	—	0,44	35,85	0,012	В основном сланцы
5оп.	48	1,7	15,85	0,1	Плотная руда

На шахте им. И. М. Губкина, где полностью вскрыта выветрелая зона кварцитов, общий шахтный приток составляет около 300 $м^3$/час, причем он весь падает (за очень малым исключением) на верхние горизонты.

В результате длительной откачки воды из указанной шахты в рудно-кристаллическом водоносном горизонте образовалась депрессионная воронка, в центральной части которой напоры снизились на 45 м. В сеноманальбском и мергельно-меловом водоносных горизонтах в пределах шахтного поля уровни понизились всего на 1—2 м, что свидетельствует об отсутствии тесной гидравлической взаимосвязи вод названных горизонтов с водами рудно-кристаллической толщи. За пределами Старооскольского района водоносность докембрийских отложений слабо изучена.

Разведочными скважинами в Щиграх установлено наличие в верхнем отделе протерозоя довольно значительных толщ карбонатных пород (до 150 м): карбонатизированных сланцев и кристаллических известняков, залегающих ниже местного базиса эрозии. Водоносность рассматриваемых отложений и характер распространения их на территории Курской магнит-

ной аномалии не изучались. По аналогии с Криворожским бассейном можно предполагать, что описываемые отложения местами в сильной степени водоносны.

Докембрийский водоносный горизонт питается за счет подтока вод из лежащей выше осадочной толщи на участках, где породы кровли представлены песками или сильно опесчаненными разностями.

Пьезометрический уровень рассматриваемого водоносного горизонта в пределах северо-восточной полосы магнитных аномалий имеет общее падение на юг — в сторону Днепровско-Донецкой котловины. Если, например, в районе Ястребовки уровень докембрийских вод устанавливается на абсолютной отметке 155 м, то в районе Лебеди он снижается до 137—144 м, а у Нового Оскола до 124 м абсолютной высоты.

Общее падение напора от Ястребовки до Нового Оскола составляет 31 м на 80 км.

В девонских отложениях, в полосе их сплошного распространения, заключен ряд водоносных горизонтов, разделенных между собой довольно выдержанными по простиранию водоупорными прослоями.

В целом девонские образования вследствие преобладания в них глинистых прослоев, за исключением локальных участков, не отличаются значительным водообилием. Наиболее водообилен девон в Курске, где девонский горизонт совместно с водами юрских отложений используется для водоснабжения города, при этом удельный дебит отдельных скважин городского водопровода достигает 5—10 л/сек.

Общая производительность Курского водозабора составляет 10 тыс. м³/сутки.

В Курске эксплуатируются воды песчано-глинистой толщи, выполняющей понижения в докембрийском рельефе; мощность этой толщи в скважине № 2 «Водосвета» составляет 76,5 м.

В табл. 2 приводятся сведения о водоносности семилукских, воронежских и евлановских слоев девона в северо-восточных районах Курской магнитной аномалии.

Таблица 2

Местоположение скважин	Глубина скважин в м	Водоносные породы и их возраст	Дебит в л/сек
Ст. Кшень, Московско-Донбасской ж. д., Советский сахарный завод	45,85	Песчаник — D_3^{vor}	3,5
Ст. Набережная Московско-Донбасской ж. д., МТС .	41,09	Известняки — D_3^{evl}	1,22
Ст. Колпна, МТС	31	Известняки — D_3^{dnl}	1,5

По южной окраине девонского поля, в полосе его островного развития, водоносность рассматриваемых отложений изучалась в Ястребовке, Тимском районе и в Старом Осколе.

В Ястребовке и Тиме водоносна переслаивающаяся пачка известняков, песчаников и песков (повидимому, старооскольские слои), не отличающаяся значительным водообилием. Так, дебит скважины № 642 в Ястребовке при самоизливе составил 2 л/сек, при напоре воды над устьем скважины 7 м.

Водоносность девона в Старом Осколе отличается крайним непостоянством. По сведениям П. Т. Савицкого [5], скважина Старооскольской канатной фабрики, вскрывшая девонские разнозернистые пески, по окончании бурения имела самоизливом дебит 41,89 л/сек, через месяц самоизлив уменьшился до 30 л/сек.

По тем же сведениям скважина на нефтебазе, вскрывшая тонкозернистые пески, имела дебит 1,16 л/сек. Такое резкое колебание производительности скважин следует связывать с быстрой фациальной изменчивостью песчаных образований девона.

У самой южной кромки девонского поля воды рассматриваемых отложений имеют прямую гидравлическую связь с юрскими водами и с водами докембрийских образований, вследствие чего снижение напоров девонских вод происходит в южном направлении: от 168,8 м в Касторной до 144 м абсолютной высоты в Старом Осколе.

Подземный водораздел между Днепровско-Донецкой впадиной и южным крылом Подмосковной котловины намечается примерно по линии пос. Свобода — Тербуны. Севернее этой линии поток подземных вод в девонских отложениях движется уже в сторону Подмосковной котловины.

Каменноугольные отложения развиты в южной части территории Курской магнитной аномалии, их водоносность изучалась только в районе Нового Оскола, расположенного у самой северной кромки карбонового поля.

При вскрытии карбона на Новооскольском месторождении большая часть скважин, расположенных в пойме р. Беленькой, фонтанировала с дебитом до 3—7 л/сек, причем по мере углубления скважин происходило нарастание дебита и напора.

В скважине, пройденной для водоснабжения железнодорожной станции Новый Оскол, каменноугольные отложения оказались довольно водообильными. Так, при вскрытии известняков карбона дебит скважины самоизливом составил 2,4 л/сек (напор над устьем скважины 12,3 м), при углублении в нижележащие пески дебит скважины самоизливом увеличился до 12 л/сек.

Сведения о водообильности карбона более южных районов, представленного в основном мощными толщами известняков, отсутствуют.

Юрские отложения имеют повсеместное распространение, лишь на востоке, в районе Старого Оскола, Ястребовки, вследствие высокого положения докембрийского фундамента, они местами выклиниваются.

Рассматриваемые образования представлены весьма изменчивым по своему составу комплексом песчано-глинистых осадков. Непосредственно на размытой поверхности доюрского рельефа залегает переслаивающаяся толща песков, песчаных глин, суглинков континентального происхождения, достигающая местами 40—50 м мощности (так называемая подкелловейская толща). Выше залегают морские глины с келловейской фауной, также довольно значительной мощности — до 30—40 м. Перечисленные выше юрские отложения развиты только в западных и северо-западных районах, на востоке и юго-востоке развит комплекс прибрежно-морских и континентальных осадков (суглинки, супеси, пески), для которого характерна быстрая изменчивость слагающих его пород в горизонтальном и вертикальном направлениях.

По южной окраине Курской области (Обоянь), как показало глубокое бурение, юрские отложения сильно увеличиваются в мощности (до 180 м), при этом в разрезе появляются аргиллиты и известняки.

К подкелловейской толще, сложенной в большинстве своем песками, приурочен довольно мощный водоносный горизонт. В Дмитриеве и на ст. Арбузово скважины, вскрывшие подкелловейские пески, фонтаниро-

вали с дебитом 10,5—12,4 л/сек. Юрские песчано-глинистые образования в восточных районах являются слабо водопроницаемыми породами (коэффициент фильтрации 0,08—0,001 м/сутки).

В целом на всей территории Курской магнитной аномалии, ввиду преобладания глинистых разностей в разрезе, юрские отложения являются водоупорной постелью (местами относительной) для вод, циркулирующих в лежащих выше напластованиях.

Апт-неокомские образования развиты главным образом в северных районах. Площадное распространение их и условия водоносности еще очень слабо изучены.

Сеноман-альбские пески имеют повсеместное распространение. Альбский ярус представлен преимущественно разнозернистыми песками с гравием и редкой галькой, в северных районах пески становятся более мелкозернистыми. Сеноманский ярус сложен мелкозернистыми, иногда среднезернистыми песками. Общая мощность сеноман-альбской толщи постепенно увеличивается по направлению с севера на юг, от 13 до 35 м.

К сеноман-альбской толще приурочен самый устойчивый по водообильности горизонт на территории Курской магнитной аномалии, получивший в литературе по КМА название второго водоносного горизонта; удельная производительность его, по данным опытных работ, достигает 1,5—2 л/сек.

Очень подробно исследована водоносность сеноман-альбских песков на Лебединском месторождении. По материалам этих исследований, фильтрационные свойства альбских песков относительно быстро меняются на коротких расстояниях. Так, например, при однотипном оборудовании водопонизительных скважин в 1952 г. среднее значение дебита в процессе опыта колебалось от 62,5 до 74,9 м³/сутки.

Осредненный коэффициент фильтрации всей сеноман-альбской толщи на Лебединском месторождении, по данным длительных откачек 1952 г., составляет 11 м³/сутки. Коэффициент фильтрации отдельных прослоев этой толщи, определенный в трубке СПЕЦГЕО, для северных районов КМА колебался в очень значительных пределах: от 0,11 до 33,2 м³/сутки (наиболее часто 1—10 м³/сутки).

Сеноман-альбский горизонт преимущественно относится к категории местнонапорных. На севере и северо-западе сеноман-альбские пески залегают неглубоко от поверхности земли. Для отмеченных районов характерно обилие источников с дебитом до 2—3 л/сек, выходящих из сеноман-альбских песков и дающих начало многочисленным ручьям и речкам.

Южнее линии Курск — Старый Оскол, уже в области сплошного развития мергельно-меловых пород, второй водоносный горизонт приобретает на водораздельных пространствах местный напор, в то время как в долинах крупных рек происходит его частичная разгрузка. Юго-западнее линии Боромля — Грайворон — Дергачи сеноман-альбский горизонт приобретает повсеместно напор в связи с тем, что в его кровле повсюду присутствуют водоупорные породы. Подземные воды, заключенные в сеноман-альбских песках, имеют общее направление на юг. Однако общая картина движения потока в сильной степени осложнена глубокой отдренированностью рассматриваемых отложений долинами крупных рек (Оскол, Сейм) и их притоков.

Падение пьезометров сеноман-альбского водоносного горизонта от Касторной до Валуек составляет 111,25 м. К трещинам выветривания мергельно-меловой толщи приурочен так называемый первый водоносный горизонт. Описываемая толща разбита трещинами не на всю свою мощность. Наблюдения в процессе бурения показывают, что наиболее глубоко трещиноватость опускается по долинам крупных рек, в направлении к

водораздельным пространствам мощность зоны выветривания постепенно уменьшается; в некоторых случаях скважины, заложенные на водоразделах на меловые воды, оказались безводными (Старый Оскол, Новый Оскол).

Помимо трещиноватости, многими исследователями отмечается наличие в мергельно-меловой толще пустот карстового происхождения. Такая небольшая карстовая полость вскрыта стволом шахты им. И. М. Губкина; на том же участке, а также на Лебединском месторождении зафиксированы провалы бурового снаряда на 0,1—0,3 м.

А. Н. Семихатов указывает на наличие следов поверхностного карстопроявления в Солнцевском районе.

По характеру водоносности площадь распространения мергельно-меловых пород можно разбить на три зоны: северную, центральную и южную.

Первая зона занимает северную часть планшета; южная граница ее проходит по линии Дмитриев — Курск — Старый Оскол. Это зона непостоянной водоносности. Сантон-туронские мергель и мел сохранились здесь от размыва только на водоразделах в виде изолированных пятен, где они сильно сдренированы, а местами и безводны.

Вторая зона охватывает область сплошного развития мергельно-меловых пород, прикрытых на водоразделах относительно большим по мощности плащом послемеловых отложений, содержащих довольно выдержанные водоупорные прослои (глины, суглинки).

Указанное обстоятельство, наряду со значительной трещиноватостью мергельно-меловых пород в пониженных элементах рельефа, и предопределяет локальное водообилие рассматриваемого водоносного горизонта.

В табл. 3 приводятся удельные дебиты некоторых скважин, вскрывших мергельно-меловые воды в придолинных участках. Третья зона охватывает юго-западный угол нашего планшета. Это область мощного развития мергельно-меловых пород, содержащих в своей верхней части (не более 20—30 м) напорные воды. Напорность вод обусловливается наличием в кровле горизонта третичных глин.

Таблица 3

Местоположение скважин	Удельный дебит в л/сек
Ст. Льгов	6,42
Ст. Велико-Михайловка Новооскольского района	2,74—5,15
Лебединский участок КМА	2,08—4,68
Коробковский участок КМА	4

По сообщению К. И. Макова [4], скважины Харьковского водопровода, эксплуатирующие меловые воды, при взаимодействии имели в 1936 г. производительность 600—800 м³/сутки, что свидетельствует еще о довольно значительном водообилии первого водоносного гризонта в третьей зоне.

Мергельно-меловые воды имеют общее движение на юго-запад.

В пределах второй зоны долинами крупных рек (Оскол, Северный Донец, Сейм) поток мергельно-меловых вод рассечен на ряд полуизолированных участков со своими областями питания и дренирования. Падение напора рассматриваемого горизонта от Льгова до Харькова составляет 80 м на 100 км. Третичные отложения в северных и центральных районах

Курской магнитной аномалии сохранились от размыва только на водораздельных пространствах, где они в сильной степени сдренированы овражно-балочной сетью. Южнее линии Льгов — Новый Оскол водоносность третичных отложений приобретает более постоянный характер.

В указанных районах можно выделить два основных водоносных горизонта, имеющих напорный характер, снизу вверх: бучакский и харьковский.

Водовмещающими породами для первого горизонта служат разнозернистые пески, а водоупорной постелью — глинистые разности нижней толщи бучакского или глины коневского ярусов.

В полосе своего сплошного развития бучакский ярус отличается довольно значительной водообильностью: в Харькове производительность отдельных скважин достигает 3—4 л/сек, в районе Сум — 10 л/сек.

Харьковский горизонт заключен в мелкозернистых песках и иногда в песчаниках, разделенных глинами на ряд подгоризонтов. Сведения о водоносности харьковских отложений крайне ограничены.

Породы четвертичного возраста, за исключением некоторых типов аллювиальных осадков, представлены слабопроницаемыми отложениями.

По А. Сыроквашиной, обработавшей и обобщившей материалы по грунтовым водам Курской области, удельный дебит скважин, вскрывших воды древнеаллювиальных отложений, иногда достигает 1,5—2 л/сек.

Отсутствие выдержанных водоупорных слоев в надрудном комплексе пород, а также наличие древних размывов предопределяет гидравлическую взаимосвязь всех водоносных горизонтов рассматриваемой территории между собой и некоторых из них с поверхностными водами. Совершенно очевидно, что на столь обширной территории эта взаимосвязь не является повсюду одинаковой по степени активности: в одних случаях мы имеет прямую взаимосвязь, в других — отдаленную и, наконец, имеются участки, где взаимосвязь между отдельными водоносными горизонтами отсутствует.

Наиболее активной взаимосвязью между собой и с поверхностными водами отличаются воды надрудного комплекса (апт-неоком, сеноман-альб, мергельно-меловая толща и др.). Питание верхних водоносных горизонтов происходит за счет атмосферных осадков, а горизонтов, залегающих ниже местности базиса эрозии,— за счет притока воды из покрывающих пород.

По химическому составу и физическим свойствам воды отдельных горизонтов на территории Курской магнитной аномалии однотипны потому, что осадочный комплекс пород, а также кора выветривания протерозоя в целом представляют собой зону активного водообмена. Исключением являются юрские отложения, в которых встречаются водоносные линзы и прослои, слабо связанные гидравлически с окружающими породами, а также трещинные воды глубинных вод докембрийского фундамента.

Подземные воды территории КМА бесцветны и не имеют запаха, за исключением восточных и северо-восточных районов (Старый Оскол, Ястребовка, Тим), где воды юрских отложений часто содержат сероводород; по температуре воды относятся к холодным (8—10°), а по общей минерализации — к пресным. Сухой остаток чаще всего колеблется в пределах 0,25—0,5 г/л. Наибольшей минерализацией отличаются юрские воды, а иногда и воды аллювиальных отложений (0,5—0,8 г/л), они же обладают и повышенной жесткостью по сравнению с другими водоносными горизонтами.

Обычно жесткость подземных вод не превышает 15—20°, причем абсолютное преобладание имеет устранимая жесткость и только как исключение встречаются воды с повышенной постоянной жесткостью.

По соотношению катионов и анионов воды являются гидрокарбонатно-кальциевыми. Некоторые отклонения отмечаются для трещинных вод докембрийского фундамента. Например, на шахте им. И. М. Губкина, на глубине 300 м от поверхности земли, горными работами в кварцитах повсюду вскрываются воды хлор-натриевого типа с повышенной минерализацией (до 1,5 г/л).

УСЛОВИЯ ОБВОДНЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

По имеющимся материалам, обводненность горных выработок при разработке кварцитов обусловлена следующими основными причинами.

1. Водоносностью зоны выветривания докембрийских образований.
2. Наличием водоносных трещин тектонического порядка и зон дробления, рассекающих массив докембрийских пород на значительную глубину.
3. Присутствием в разрезе докембрия карбонатных пород.

Зона выветривания кварцитов, как уже отмечалось, не отличается высокой водообильностью. Однако основные трудности при эксплуатации кварцитов будут связаны с этой зоной. Совершенно очевидно, что при разработке выветрелого верхнего горизонта кварцитов, из-за неустойчивости кровли, воды надрудных образований будут прорываться в горные выработки. Для большинства районов Курской магнитной аномалии такие прорывы будут носить катастрофический характер, в результате чего в дальнейшем потребуется полностью осушить надрудный комплекс пород до начала очистных работ.

Мероприятия по осушению чрезвычайно дорого стоят и технически трудно выполнимы. Поэтому на руднике им. И. М. Губкина для предохранения от прорыва надрудных вод на нижние горизонты оставлен целик кварцитов мощностью до 100 м.

Оставление целика в кровле горных выработок в условиях КМА безусловно может обезопасить горные выработки от верхних вод; вопрос теперь сводится к тому, чтобы на практике установить необходимые размеры целика и выбрать систему разработок, обеспечивающую устойчивость кровли.

Как уже отмечалось, опытными работами в районе Старого Оскола установлено наличие в массиве докембрийских пород водоносных трещин и зон дробления тектонического порядка. Ввиду слабой изученности тектоники докембрия характер распространения их еще не ясен.

По имеющимся материалам можно предполагать, что указанные трещины и зоны дробления не отличаются высокой водообильностью. Все же при вскрытии крупных зон дробления горными выработками кратковременные водопритоки в несколько сот кубических метров в час не исключаются.

Карбонатные породы обычно являются значительными вместилищами подземных вод. Поэтому их присутствие в геологическом разрезе месторождения заставляет всегда очень серьезно относиться к вопросам обводненности будущего рудника.

Разведочными работами на Курской магнитной аномалии присутствие карбонатных пород установлено в верхнем отделе докембрия (Щигры). Это обстоятельство заставляет при дальнейших разведках на кварциты обращать особое внимание на водоносность верхнего отдела и на роль карбонатных пород обводненности разведываемых участков.

Богатые руды, по мнению большинства исследователей, представляют собой кору выветривания кварцитов. Залегают они в виде линз на голо-

вах докембрийских пород, главным образом кварцитов. По физическим свойствам богатые руды подразделяются на два типа: на плотные и рыхлые руды («краска» и «синька»). Как показали исследования на месторождениях старооскольской группы, наибольшей водоносностью отличаются плотные трещиноватые разности руд, рыхлые руды менее водообильны. Однако они обладают плывунными свойствами. Находясь под гидростатическим давлением в 6—7 атм., рыхлые руды неоднократно прорывались в горные выработки шахты им. И. М. Губкина и выводили их из строя.

По геологическим предпосылкам, в других районах Курской магнитной аномалии характер и степень обводненности рудного тела те же, что и в Старооскольском районе. Основные трудности при эксплуатации месторождений богатых руд все же будут связаны не с водоносностью собственно рудного тела, а с наличием в кровле докембрийского фундамента мощных толщ песчано-глинистых пород, содержащих напорные воды.

Имеющиеся материалы позволяют сделать следующие выводы о роли надрудных образований в обводненности железорудных месторождений и об устойчивости их в горных выработках.

1. Наличие мощных толщ водоносных песков в кровле докембрийского фундамента в сильной степени затрудняет разработку железорудных месторождений. В большинстве своем без частичного или полного осушения надрудных плывунов разработка богатых руд невозможна.

2. Среди глинистых пород наибольшие опасения в отношении устойчивости при открытых работах вызывают келловейские глины, развитые в западных районах.

Материалы по региональной геологии показывают, что там, где юрские глины обнажаются на дневной поверхности по северной окраине Курской области, повсюду на склонах речных долин наблюдаются оползни.

Это обстоятельство указывает на возможность оползания келловейских глин и в откосах карьеров, что вызовет необходимость предпринять специальные мероприятия по приданию устойчивости откосам.

3. Мергельно-меловые породы залегают в 30—170 м от кровли докембрийских отложений. Поэтому первый водоносный горизонт может оказывать только косвенное влияние на обводненность рудно-кристаллических пород.

В многочисленных естественных обнажениях мергельно-меловые отложения держат почти отвесные стенки высотой до 10 м.

Исключение составляют долины рек, где верхние горизонты мела находятся в разжиженном состоянии. При проходке скважин и шурфов мел подобной консистенции ведет себя как типичный плывун: он плохо отдает воду, создает пробку при углублении скважин и шурфов.

Наличие «жидких» мелов, таким образом, несколько затруднит производство открытых работ в речных долинах.

Вопрос о расчетах притоков воды в подземные и открытые горные выработки в условиях Курской магнитной аномалии в настоящее время значительно продвинулся вперед благодаря работам Н. К. Гиринского. Проведенными работами еще не решаются полностью вопросы о водопритоках, но имеющиеся материалы уже позволяют давать ответы на поставленные задачи в первом приближении.

По подсчетам Н. К. Гиринского, водопритоки в горные выработки в первоначальный период эксплуатации месторождений богатых руд (за исключением области с глубоким залеганием докембрийского фундамента) как при открытых, так и при закрытых разработках будут колебаться в пределах 2000—5000 м^3/час.

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ПО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Имеющиеся материалы свидетельствуют, что гидрогеологические и инженерно-геологические условия мало благоприятны для разработки железных руд, лишь в западных районах на фоне общих неблагоприятных условий наблюдается несколько лучшая природная обстановка для производства горных работ.

Исходя в основном из литологического состава пород нижней части разреза надрудной осадочной толщи, территорию Курской магнитной аномалии по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям разработки железорудных месторождений можно подразделить на пять районов (табл. 4, фиг. 2).

Первый район охватывает западную часть рассматриваемой территории. Докембрийские породы в пределах этого района залегают на глубине 110—250 м от дневной поверхности. Непосредственно на докембрийских отложениях залегает довольно мощная толща юрских глин морского происхождения, выдержанная в фациальном отношении на значительных пространствах (келловейские глины), и лишь у северной границы района под келловейскими глинами встречаются в виде линз песчано-глинистые образования, преимущественно девонского возраста. Над юрскими глинами прослеживается обычный для КМА разрез мезозойских и послетретичных отложений.

В связи с высоким положением мергельно-меловой толщи в рельефе водоносной оказывается только нижняя ее часть. В Льгове, Ольшанке, Николаевке дебит скважин, вскрывших мергельно-меловые воды, в долинах рек колеблется от 1,6 до 8,6 л/сек, а на водоразделах от 0,3 до 0,9 л/сек. Удельный дебит сеноман-альбского горизонта колеблется в пределах 1—1,4 л/сек.

Водоносность докембрийских образований в первом районе не изучалась. По аналогии с месторождениями Старооскольской группы можно указать, что их водообильность будет невелика. Косвенным подтверждением сказанному является высокий выход керна и малая потеря промывочных вод при проходке по кварцитам в районе Костельцева, Яцыно, Жигаевки.

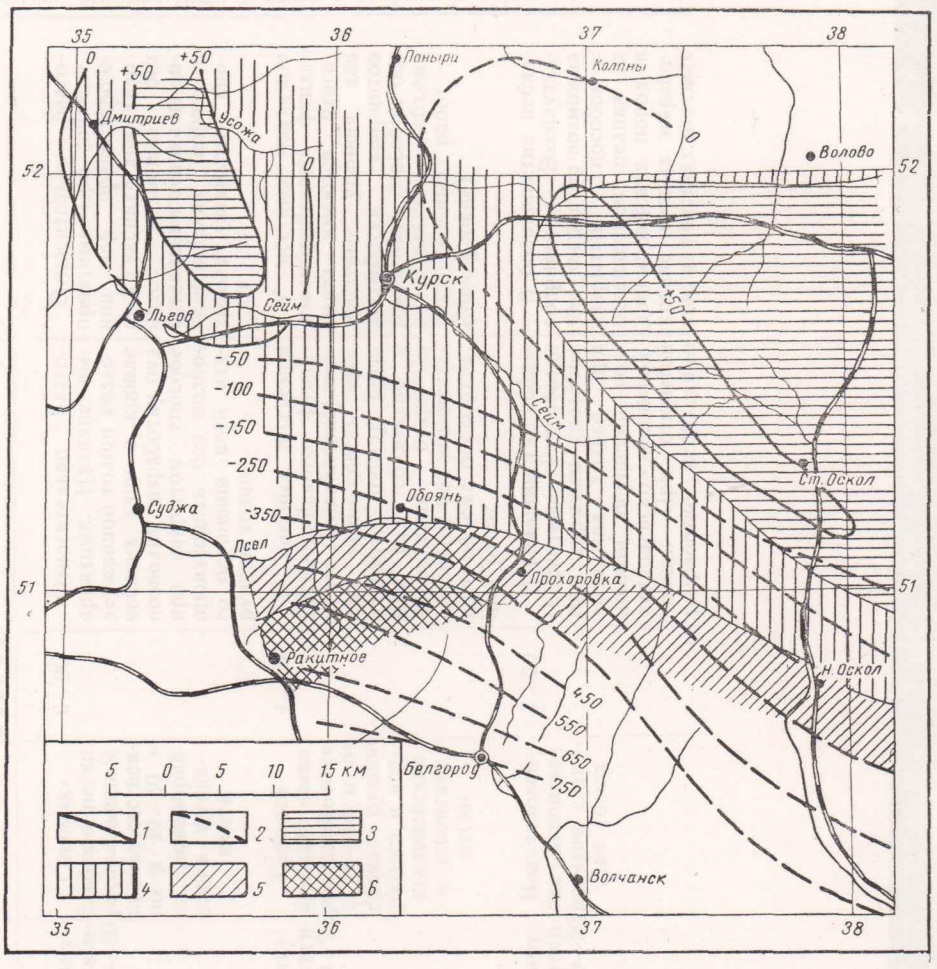
Воды, циркулирующие в докембрийских и надрудных образованиях, в гидравлическом отношении юрскими глинами подразделяются на два комплекса: верхний и нижний. Верхний комплекс включает в себя воды мергельно-меловых, сеноман-альбских и апт-неокомских отложений, имеющих в большинстве своем тесную гидравлическую взаимосвязь между собой и с поверхностными водами.

Водоупорной постелью для вод верхнего комплекса служат юрские глины.

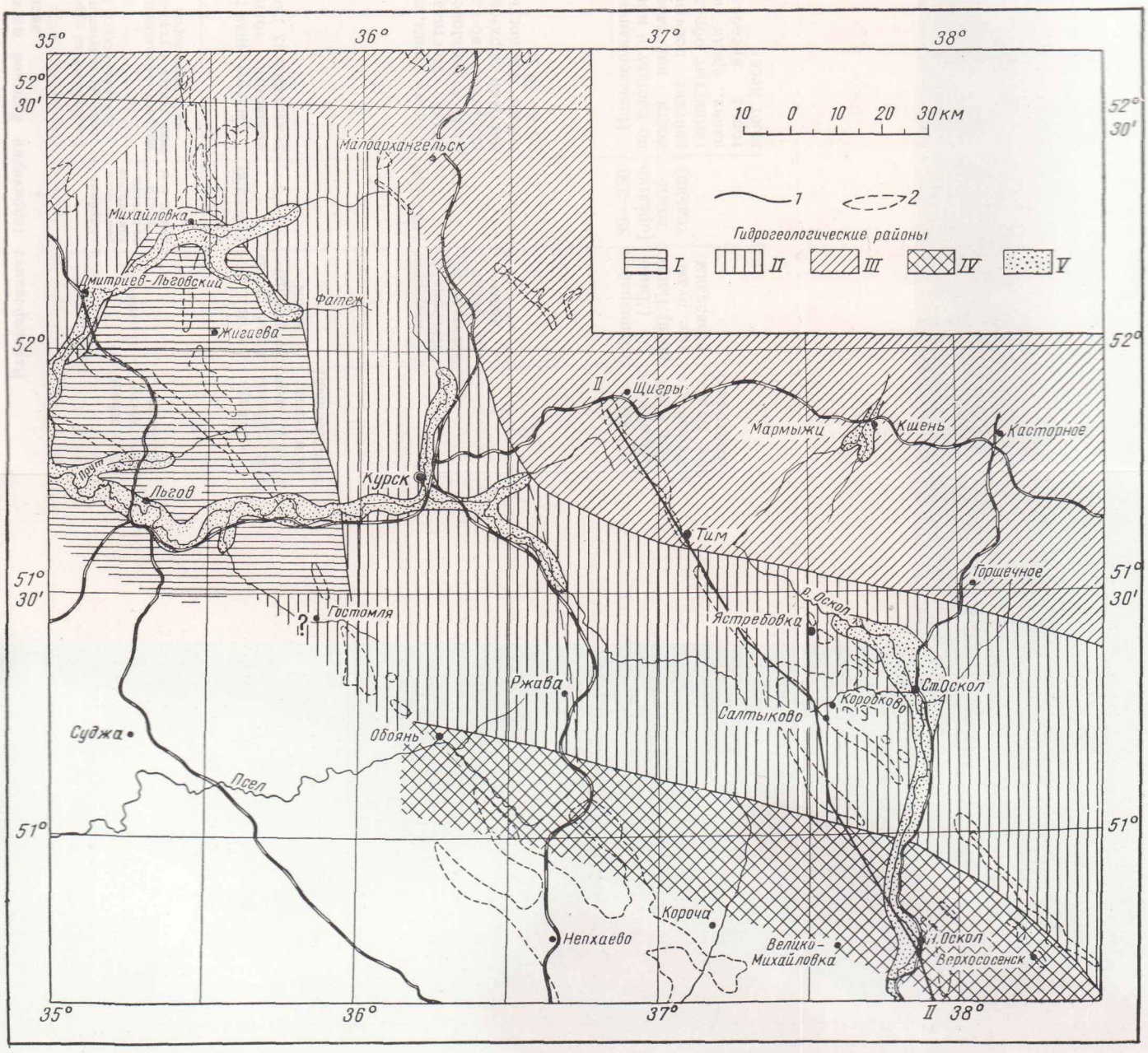
Нижний комплекс включает в себя воды континентальной юры, девонских и докембрийских образований. Ввиду отсутствия выдержанных водоупорных прослоев эти воды гидравлически тесно взаимосвязаны между собой.

По гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям эксплуатации месторождений богатых руд рассматриваемый район подразделяется на два подрайона: южный и северный.

В южном подрайоне непосредственно на докембрии залегает пачка юрских глин мощностью от 40 до 50 м, лишь в понижениях древнего рельефа кое-где прослеживаются подкелловейские пески. Юрские глины обладают вполне удовлетворительными физико-механическими свойствами в отношении устойчивости в подземных горных выработках (раз-



а



б

Фиг. 2. Схематическая карта районирования территории КМА по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям эксплуатации железорудных месторождений

а

1 — изогипсы кровли докембрия по данным бурения (в абсолютных отметках); 2 — то же по геофизическим данным; 3 — гидростатический напор от 4 до 10 атм.; 4 — то же от 10 до 20 атм.; 5 — то же от 20 до 40 атм.; 6 — больше 40 атм.

б

1 — граница между районами; 2 — магнитные аномалии

Гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика района

№ района	Гидрогеологические и инженерно-геологические условия района	Литологический состав пород, непосредственно залегающих в кровле докембрийского фундамента
I	Относительно благоприятные	Преимущественно глины (10—50 м)
II	В большинстве своем неблагоприятные	Мощные толщи неустойчивых пород, главным образом песков
III	Благоприятные по геологическим предпосылкам	В большинстве своем переслаивающиеся пачки глин, известняков и песчаников мощностью более 60 м
IV	Неблагоприятные	Песчано-глинистые породы, реже известняки
V	Неблагоприятные	Территория, занятая долинами крупных рек

Таблица 4

Районирование территории Курской магнитной аномалии по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям эксплуатации железорудных месторождений

Номер района и его местоположение	Подрайон	Глубина залегания докембрия от поверхности земли в м	Характеристика пород, непосредственно залегающих в кровле докембрийского фундамента		Основные водоносные горизонты и толщи, обводняющие месторождения богатых руд	Гидростатические напоры по отношению к докембрийскому фундаменту в атмосферах	Гидрогеологические и инженерно-геологические условия эксплуатации железорудных месторождений	
			возраст, литологический состав и условия залегания пород	мощность в м			богатых руд	кварцитов
I — Западные районы КМА (Льгов, Жигаевка, Михайловка)	(Льгов). Богатые руды не обнаружены	110—250	Выдержанная по мощности толща келловейских глин	Преимущественно 40—50	Сеноман-альбские пески, расположенные преимущественно в 40—50 м от докембрийского фундамента	6—20	Относительно благоприятные. Наличие выдержанной толщи келловейских глин в кровле позволит разработку руд при закрытом способе производить без полного осушения всей надрудной толщи	Относительно благоприятные. При соблюдении мер предосторожности эксплуатация кварцитов возможна без оставления целика из докембрийских пород в кровле (закрытый способ)
	2-й подрайон (Жигаевка). Богатые руды разведаны	110—150	Те же глины, нередко подстилаемые подкелловейскими песчано-глинистыми образованиями мощностью до 5—10 м	Преимущественно 10—25	Сеноман-альбские пески, расположенные в 20—40 м от кровли рудной залежи и подкелловейские и девонские пески	4—10	У местных подъемов докембрийского фундамента (Михайловка) имеется возможность производить добычу богатых руд совместно с кварцитами открытым способом без значительного объема осушительных работ	У местных подъемов докембрийского фундамента имеются благоприятные условия для разработки кварцитов открытым способом без значительного объема осушительных работ (Михайловка)
II— Центральная полоса КМА (Старый Оскол, Курск, Дмитриев)	2-й подрайон (1) (Дмитриев) Богатые руды разведаны	80—250 (предположительно)	Невыдержанные по составу и мощности подкелловейские песчано-глинистые образования, среди которых преобладают пески	Преимущественно 30—50	Подкелловейско-девонская песчано-глинистая толща	7—20	В большинстве неблагоприятные. Разработка руд закрытым способом возможна только при полном осушении подкелловейско-девонской толщи. При открытой разработке необходимо	В большинстве неблагоприятные. Эксплуатация кварцитов возможна закрытым способом с оставлением целика из докембрийских пород в кровле горных выработок; на участках местных

Продолжение табл. 4

Номер района и его местоположение	Подрайон	Глубина залегания докембрия от поверхности земли в м	Характеристика пород, непосредственно залегающих в кровле докембрийского фундамента		Основные водоносные горизонты и толщи, обводняющие месторождения богатых руд	Гидростатические напоры по отношению к докембрийскому фундаменту в атмосферах	Гидрогеологические и инженерно-геологические условия эксплуатации железорудных месторождений	
			возраст, литологический состав и условия залегания пород	мощность в м			богатых руд	кварцитов
							предварительно осушить всю надрудную толщу. У местных подъемов докембрийского фундамента могут встречаться относительно благоприятные участки (типа Михайловского)	подъемов докембрийского фундамента (типа Михайловского) благоприятные
	2-й подрайон (2) (Старый Оскол). Имеются промышленные запасы богатых руд	40—170	Невыдержанная по составу и мощности юрская песчано - глинистая толща, слабо водопроницаемая	0—75	Сеноман-альбская толща, часто залегающая в непосредственной близости от кровли рудного тела	4—12	Неблагоприятные. Разработка руд как закрытым, так и открытым способом возможна только при полном осушении всей надрудной толщи	Неблагоприятные. Разработка кварцитов возможна при оставлении целика в кровле горных выработок
III — Северная окраина КМА (Щигры, Мало-Архангельск). Богатые руды не обнаружены		150—350 (предположительно)	Выдержанные по составу глинисто-известняковые толщи с прослоями мергелей, песчаников. В понижениях додевонского рельефа встречаются скопления песков мощностью до 20—30 м	На юге 60—115, на севере >150	Подкелловейская толща	Предположительно 12—30	Район слабо изучен. По геологическим предпосылкам благоприятные. В большинстве своем разработка руд (если они будут найдены) возможна только с частичной срезкой напоров в надрудных водоносных горизонтах. Глубокое залегание протерозоя, повидимому, исключает возможность открытой разработки, несмотря на то, что пре-	Неблагоприятные по геологическим предпосылкам. Возможны внезапные прорывы подземных вод в горные выработки (воды верхнего отдела протерозоя)

Продолжение табл. 4

Номер района и его местоположение	Подрайон	Глубина залегания докембрия от поверхности земли в м	Характеристика пород, непосредственно залегающих в кровле докембрийского фундамента		Основные водоносные горизонты и толщи обводненного месторождения богатых руд	Гидростатические напоры по отношению к докембрийскому фундаменту в атмосферах	Гидрогеологические и инженерно-геологические условия эксплуатации железорудных месторождений	
			возраст, литологический состав и условия залегания пород	мощность в м			богатых руд	кварцитов
							обладание в разрезе устойчивых пород в надрудной толще благоприятствует этому	
IV — Южная окраина КМА (Новый Оскол, Обоянь)		175—350 (предположительно)	Карбон (известняки, глины, пески) в сильной степени размытый	От 3—5 до 100—120	Карбон, местами подкелловейская толща	До 15—30	Неблагоприятные. Разработка руд закрытым способом возможна только при полном осушении карбона и подкелловейской толщи. Наличие мощных толщ песков в составе надрудной толщи не благоприятствует разработке месторождений открытым способом	Неблагоприятные. Разработка кварцитов возможна с оставлением целика в кровле горных выработок (закрытый способ)
			По северной окраине карбонового поля подкелловейская песчано-глинистая толща, невыдержанная по составу и мощности	До 40—60				
V — Долины рек Сейма, Оскола, Оки, Псела и их крупных притоков		От 40 до 350 (предположительно)	—	—	—	От 4 до 30 (предположительно)	Неблагоприятные. При закрытых работах не исключается затопление рудников речными водами, проникшими в горные выработки по трещинам обрушения. При открытых работах в поймах названных рек потребуется зарегулировать поверхностный сток и предохранить карьеры от затопления поверхностными водами в паводковое время	Неблагоприятные

мокаемость, оплывание), что в значительной степени улучшает горногеологические условия подрайона. Основную опасность для проведения подземных горных работ в южном подрайоне будут представлять водоносные сеноман-альбские пески, залегающие в 40—50 м от кровли докембрийского фундамента.

Наличие довольно мощной толщи глин в кровле рудного тела заставляет предполагать о возможности проходки капитальных и подготовительных выработок без риска внезапного прорыва в шахту сеноман-альбских плывунов.

При очистных работах, когда площадь выработанного пространства может достигнуть значительных размеров, повидимому, потребуется произвести частичную срезку напоров в сеноман-альбском водоносном горизонте.

Гидростатические напоры подземных вод по отношению к кровле докембрия изменяются от 6 до 20 атм.

В северном подрайоне природная обстановка несколько иная вследствие того, что в разрезе надрудного комплекса появляются песчаные образования апт-неокома, юры и девона, а мощность юрских глин снижается до 10—25 м. Типичным для рассматриваемого подрайона является Жигаевское месторождение.

На Жигаевском участке юрские и девонские пески, имея в виду их локальное распространение, не являются решающим фактором при оценке условий обводненности кровли докембрия.

Основные трудности при разработке жигаевской рудной залежи закрытым способом будут связаны с мезозойской толщей песков.

Опыт отечественной горной практики показывает, что апт-неокомские и сеноман-альбские водоносные пески, располагаясь в Жигаевке в 18—20 м от кровли докембрия и обладая гидростатическим напором в 6—8 атм. по отношению к кровле рудного тела, неизбежно при очистных работах будут прорываться в горные выработки и срывать нормальную эксплуатацию месторождения.

Присутствие сплошной толщи юрских глин в составе надрудного комплекса пород все же в значительной степени улучшает горно-геологические условия месторождения, а именно: наличие юрских глин в кровле позволит проходить капитальные выработки без осушения надрудных песков, а плановое их осушение или срезку напоров производить из подготовительных работ без риска внезапного прорыва подземных вод в горные выработки.

Сведения о геологических и гидрогеологических условиях залегания кварцитов в рассматриваемом районе еще крайне ограничены. Повидимому, при закрытом способе, при соблюдении мер предосторожности, разработка кварцитов возможна без оставления целика из докембрийских пород в кровле.

По материалам последних исследований к первому подрайону нами отнесена также разведанная часть Михайловского рудного узла. Разведочными работами в пределах Михайловского месторождения оконтурен выступ докембрийского фундамента размером 1,5×2 км, сложенный кварцитами и богатыми рудами, повышенные участки которого залегают всего в 25—40 м от поверхности земли.

Надрудный комплекс на этом участке представлен в основном водонепроницаемыми породами (суглинки, глины) с линзами водоносных песков, осушение которых не представит значительных трудностей. Таким образом, в пределах выступа рудно-кристаллических пород имеются благоприятные условия для разработки богатых руд и кварцитов открытым

способом без значительного объема осушительных мероприятий, что улучшит условия разработки всего месторождения.

Второй район занимает центральную часть Курской области, протягиваясь от Старого Оскола к Курску в виде полосы шириной до 60 км. Северная его граница в восточной части планшета совпадает с южной границей сплошного распространения девонских отложений, а южная — с северной границей распространения карбона.

В рассматриваемом районе природная обстановка неблагоприятна для эксплуатации богатых руд и кварцитов, что связано с наличием в кровле рудных залежей мощных толщ водоносных песчано-глинистых отложений, среди которых преобладают несвязные и полусвязные породы.

По гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям эксплуатации железорудных месторождений второй район можно расчленить на две части: западный и восточный подрайоны.

Западный подрайон охватывает значительную часть северо-западных районов Курской магнитной аномалии, в том числе и северные участки Михайловского рудного узла (по геологическим предпосылкам).

В указанном подрайоне непосредственно на протерозойских образованиях залегают девонские глины с прослоями известняков, которые чаще всего почти нацело размыты и замещены песчано-глинистыми отложениями более позднего возраста (D_3+y^{cont}).

Отмеченные образования выполняют широкие ложбины, наличие которых установлено буровыми скважинами в Курске, Арбузове, Дмитриеве.

В указанных пунктах разведочными скважинами обнаружен глубокий размыв, коснувшийся местами докембрийского фундамента, выполненный девонскими и юрскими (подкелловейскими) песчано-глинистыми образованиями.

Отмеченная толща пород повсеместно перекрывается келловейскими глинами (до 30—40 м), выше которых залегают мезозойские и четвертичные отложения.

В связи с общим падением мезозоя в северном направлении мергельно-меловая толща и сеноман-альбские пески в западном подрайоне, залегая выше местного базиса эрозии, оказываются почти полностью сдренированными речными долинами.

Основную роль в обводненности железорудных месторождений играет девонско-подкелловейская песчано-глинистая толща, воды которой имеют гидростатический напор от 10 до 20 атм. по отношению к кровле рудного тела.

Практически эксплуатация месторождений полезных ископаемых, связанных с корой выветривания докембрийских пород, закрытым способом в западном подрайоне возможна только при полном осушении песчано-глинистых пород кровли.

Не исключается также возможность, что в покрывающих глинистых породах (келловей) в процессе разработки появятся трещины обрушения. При таких условиях потребуется осушить всю надрудную толщу пород, включая и сеноман-альбские пески.

В пределах второго восточного подрайона в кровле докембрия залегают юрские супесчано-суглинистые образования, девонские отложения здесь сохранились от размыва лишь в виде небольших пятен.

Мощность пород юрского возраста колеблется в значительных пределах от 1—2 до 75—80 м, а местами на древних водоразделах они отсутствуют.

Юрские породы перекрываются сеноман-альбскими песками, залегающими повсюду ниже местного базиса эрозии, выше которых наблю-

дается обычный для Курской магнитной аномалии разрез надрудного комплекса пород северо-восточных районов.

Юрские отложения можно рассматривать как относительный водоупор, разделяющий в гидравлическом отношении два водоносных комплекса друг от друга: докембрийский и надрудный (сеноман-альбские пески, мергельно-меловая толща).

Напоры подземных вод в отмеченных комплексах по отношению к кровле докембрийского фундамента изменяются от 4 до 15—20 атм.

Типичными месторождениями, по условиям обводненности, для второго подрайона являются месторождения Старооскольского узла аномалий. Как показал опыт эксплуатации богатых руд на Коробковском участке, разработка месторождений старооскольского типа возможна только с предварительным осушением всей надрудной толщи, среди которой основную опасность для проведения горных работ представляют сеноман-альбские пески, залегающие в непосредственной близости от кровли рудного тела.

В большинстве своем, при закрытом способе, разработка кварцитов в пределах второго района возможна только с оставлением целика из докембрийских пород в кровле горных выработок для защиты их от надрудных плывунов.

К третьему району относится северная окраина КМА — область сплошного распространения девона, его южная граница проходит примерно по линии Дмитровск-Орловский — Мало-Архангельск — Тим — Нижнедевицк.

Докембрийские породы в третьем районе залегают на глубине 150—250 м и более от дневной поверхности; наличие богатых руд здесь еще не установлено. Непосредственно на докембрии залегают девонские отложения, представленные двумя толщами — нижней и верхней.

Нижняя толща сложена глинами с тонкими прослоями песчаников, песков, известняков; верхняя — известняками, реже доломитами с прослоями глин, песчаников и песков.

Общая мощность описываемых пород по южной окраине девонского поля составляет 40—115 м. Из них на долю верхней толщи падает 20—30 м; по мере движения на север, с появлением в разрезе все более молодых отложений девона, их суммарная мощность увеличивается.

Литологический состав последевонских образований примерно тот же, что и во втором подрайоне (Курск, Михайловка).

Наши знания об условиях водоносности девона еще крайне ограничены. По имеющимся материалам, нижняя толща слабо водообильна. Некоторым исключением могут являться ограниченные участки: понижения докембрийского фундамента и пониженные участки древнего эрозионного рельефа девонских отложений, выполненные песчано-глинистыми образованиями.

Подкелловейские пески, достигая местами 20—30 м мощности, имеют сплошное распространение, залегая в большинстве своем в 40—115 м от кровли протерозойских пород.

Апт-неокомские и сеноман-альбские пески (первые частично, а вторые полностью) прорезаются речными долинами, что обусловливает их значительный дренаж.

Наиболее опасны для горных работ среди мезозойских напластований подкелловейские водоносные пески.

Ввиду отсутствия в составе девонских отложений значительных толщ песков основные трудности при разработке кварцитов и богатых руд будут связаны с мезозойскими плывунами.

По геологическим предпосылкам рассматриваемый район отличается благоприятными условиями с горно-геологической точки зрения.

Не исключено, что при соблюдении мер предосторожности в отношении устойчивости кровли, на некоторых участках представится возможность производить разработку месторождений закрытым способом и без осуществления специальных мероприятий по предварительному осушению надрудной толщи, в том числе и мезозойских плывунов.

Следует указать на возможность в некоторых случаях очень больших водопритоков в шахту при вскрытии горными выработками карбонатных пород верхнего отдела протерозоя закарстованных девонских известняков.

Глубокое залегание протерозоя от поверхности земли исключает, повидимому, возможность постановки открытых работ в северных районах Курской магнитной аномалии.

Четвертый район охватывает краевую часть карбонового поля в южных районах КМА (Обоянь, Новый Оскол) шириной до 20—30 км.

В геологическом и гидрогеологическом отношении южные районы, за исключением отдельных участков (Новый Оскол, Волотово, Обоянь), изучены еще очень слабо.

В Новом Осколе карбон представлен довольно мощной толщей (до 70—100 м) известняков, глин и песков, перекрытых серией осадков мезозойского, третичного и четвертичного возраста.

Севернее Нового Оскола мощность карбона в результате последующих размывов местами снижается до 10—20 м.

В Новооскольском районе установлено наличие богатых руд.

Имеющиеся материалы заставляют отнести рудные залежи Новооскольского типа к категории сильно обводненных, а по степени трудности для освоения — к весьма сложным.

Основные трудности при разработке месторождений подобного типа будут связаны с высокой напорностью вод, циркулирующих в рудном теле и лежащих выше породах (до 20—25 атм.), и с наличием водоносных песков в 10—25 м от кровли рудной залежи. Не исключается также возможность, что в процессе разработки месторождения произойдет сдвиг пород кровли с разрывом сплошности юрских глин, в результате чего воды мезозойских отложений будут обводнять горные выработки.

По условиям обводненности Новооскольское месторождение является типичным для четвертого района.

Вследствие глубокого залегания докембрийских пород от дневной поверхности (предположительно 175—350 м) постановка открытых работ в пределах четвертого района маловероятна.

К югу от Нового Оскола и Обояни, за пределами четвертого района, располагается область с глубоким погружением докембрийского фундамента, в геологическом отношении очень слабо изученная.

В последнее время указанная область привлекает пристальное внимание разведчиков, в связи с тем что поисковая скважина треста «Курскгеология», заложенная у д. Яковлево, в 42 км южнее Обояни, на глубине 480 м, врезаясь в богатые руды, прошла по ним около 150 м.

Имеющиеся материалы еще недостаточны для оценки горно-геологических условий нового месторождения. Исходя из общей геологической обстановки, можно высказать лишь следующие соображения по затронутому вопросу.

1. По геологическим предпосылкам в некоторых случаях можно ожидать довольно близкого залегания юрских плывунов и сильно закарстованных каменноугольных известняков от кровли рудной земли, что в значительной степени затруднит разработку месторождения.

2. Осложняющим фактором является также высокая напорность подземных вод, циркулирующих в рудном теле и во вмещающих породах (до 40—50 атм. у сел. Яковлево).

К пятому району относятся долины крупных рек (табл. 4).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЛЕБЕДИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В 1951—1952 гг. на Лебединском месторождении были произведены следующие гидрогеологические и опытные работы.

1. Опытное водопонижение в сеноман-альбском водоносном горизонте.
2. Опытная откачка из рудной толщи.
3. Дополнительные инженерно-геологические исследования для уточнения водно-физических и механических свойств надрудной толщи и в первую очередь юрских отложений.

Выбор Лебединского месторождения для постановки опытных работ обусловлен тем, что это месторождение является самым крупным по своим запасам и в то же время типичным по природным условиям для разведанной части КМА.

Водопонизительный узел состоял из шести центральных скважин, расположенных по кругу, с расстояниями между скважинами 50 м, и трех лучей наблюдательных скважин длиной 1000 м каждый (фиг. 3, 4). Центральные скважины оборудовались 10″ сетчатым фильтром, длиной по 20 м; верхняя часть фильтра оборудовалась сеткой галунного плетения 6/55 и 2/55, а нижняя его часть (6—8 м), сложенная в основном крупнозернистыми разностями песков, — квадратной сеткой с отверстиями в 1 и 2,7 мм.

Для выяснения характера и степени взаимосвязи сеноман-альбских вод с другими водоносными горизонтами были оборудованы наблюдательные скважины на рудно-кристаллический и мергельно-меловой водоносный горизонты, а также на воды юрских и четвертичных отложений. Фильтры наблюдательных скважин имели длину 4 м, оборудовались они сеткой галунного плетения 6/35 и 8/55. В наблюдательных скважинах на сеноман-альбский горизонт дырчатая часть фильтра устанавливалась в нижней части толщи, перед началом опыта все наблюдательные скважины прокачивались в течение двух суток эрлифтной установкой.

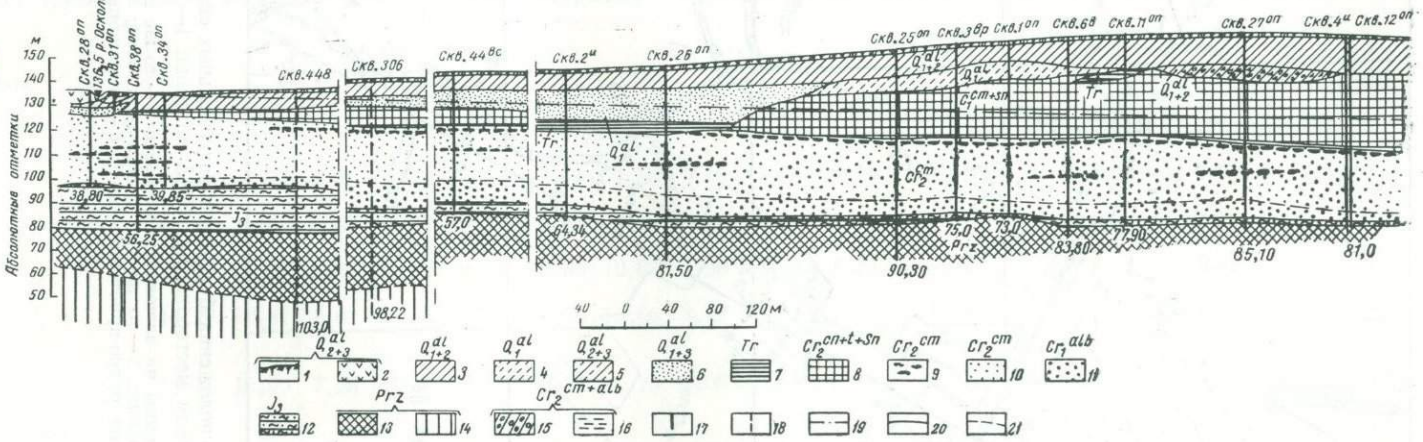
Опытное водопонижение осуществлялось насосами АТН-10 в течение двух месяцев.

Максимальное снижение уровней в центре водопонизительного круга составило 11,55 м, в 1 км от центра установки уровень воды снизился на 1,63 м, т. е. воронка депрессии вышла за пределы месторождения.

В процессе опыта установлено наличие прямой гидравлической связи сеноман-альбского водоносного горизонта, в пределах водопонизительного узла, с водами рудно-кристаллической толщи и с мергельно-меловым водоносным горизонтом.

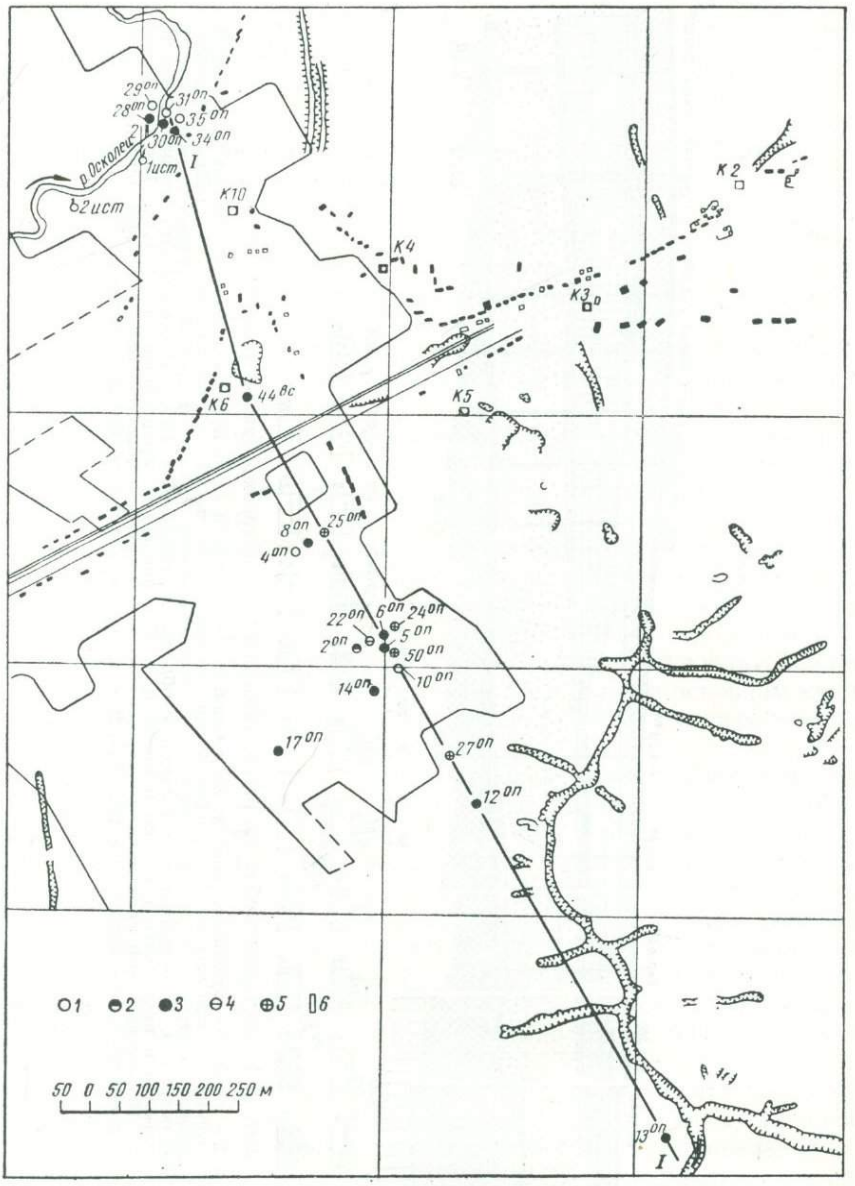
Так, в опытной скважине № 5, находящейся в 10 м от водопонизительного круга, в конце опыта срезка уровня составляла 10,95 м, в наблюдательных опытных скважинах № 24 и 2, расположенных в 1 м от скважины № 5, уровни снизились к этому времени соответственно на 7,28 и 8,5 м.

В связи с неоднородностью литологического состава альбских песков фильтрационные свойства сеноман-альбской толщи меняются довольно быстро на близких расстояниях. По материалам одиночных откачек прежних исследований коэффициент фильтрации рассматриваемых песков изменяется от 4 до 53 м/сутки.



Фиг. 3. Геолого-литологический разрез Лебединского месторождения по линии I—I

1 — почвенный слой; 2 — торф; 3 — суглинки, вверху лессовидные; 4 — суглинки слоистые; 5 — супесь; 6 — пески мелкозернистые, глинистые; 7 — глина; 8 — мел писчий; 9 — фосфоритовые желваки; 10 — пески мелкозернистые; 11 — пески преимущественно средне- и крупнозернистые, местами с гравием; 12 — нерасчлененная толща; суглинки, местами переходящие в супеси; 13 — руда; 14 — кварциты; 15 — суглинки с галькой и обломками мергеля и мела; 16 — сцементированные сеноман-альбские пески, залегающие в виде линз, караваев и конкреций; 17 — скважины, пройденные в 1951 г.; 18 — скважины, пройденные до 1951 г.; 19 — статический уровень сеноман-альбского водоносного горизонта перед началом опытного водопонижения; 20 — возрастные границы; 21 — возрастные границы (предполагаемые).



Фиг. 4. Схема расположения буровых наблюдательных скважин на Лебединском месторождении КМА по линии I—I

1 — наблюдательные скважины на аллювиальные воды; 2 — то же на мергельно-меловой водоносный горизонт; 3 — то же на сеноман-альбский; 4 — то же на юрский; 5 — то же на рудно-кристаллический; 6 — водомерный пост

Таблица 5

Понижение уровня воды в наблюдательных скважинах, вскрывших сеноман-альбские пески в процессе опытного водопонижения (в м)

Дата		1-й луч				2-й луч					Центр кольца	Река Осколец в районе опытных работ	Дебит установки в м³/час
	5 оп	6 оп	7 оп	8 оп	34 оп	9 оп	10 оп	1 оп	12 оп	13 оп	1 оп	пост № 2	
1.III	9,92	8,27	4,61	1,98	0,01	8,18	7,56	5,40	1,95	0,74	8,12	Повышение 0,07	319
10.III	13,47	10,62	6,88	2,73	0,12	8,82	8,22	6,90	2,91	1,18	9,81	Понижение 0,01	388
20.III	14,07	11,22	7,55	3,16	0,23	10,88	10,03	7,90	3,43	1,49	10,82	„ 0,17	405
30.III	15,29	12,31	8,02	3,70	0,31	11,70	10,66	8,49	4,10	1,73 пов.	11,45	„ 0,04	388
15.IV	13,73	10,95	7,26	3,27	0,17	10,57	9,25	6,66	2,38	0,22	10,31	Повышение 0,66	426
Расстояния до водопонизительного круга в м	1	10	50	250	1000	1	10	50	2,50	1000			

Примечание. Повышение уровня в наблюдательных скважинах в конце опыта связано с общим повышением уровня подземных вод в паводок.

По данным длительных групповых откачек 1952 г., коэффициент фильтрации сеноман-альбской толщи составил 11 м/сутки, а всей надрудной толщи, включая и мергельно-меловые породы, — 10 м/сутки.

Указанные величины следует рассматривать как осредненные коэффициенты фильтрации надрудных отложений в районе опытного узла. В табл. 5 и 6 приводятся основные результаты опытного водопонижения в сеноман-альбских песках.

Таблица 6

Понижение уровня воды в других водоносных горизонтах в процессе опытного водопонижения в 1952 г. (в м)

Дата	Горные породы							
	четвертичные отложения	мергельно-меловая толща		юрская толща	рудно-кристаллическая толща			сеноман-альбская толща, вне влияния откачки 36 оп
	35 оп	2 оп	3 оп	22 оп	24 оп	25 оп	26 оп	
1.III	0,00	5,67	3,38		5,74	5,10	1,56	0,16
10.III	0,09	8,55	7,19	1,66	7,51	7,43	2,30	0,21
20.III	0,19	Забой сухой	7,71	2,52	8,35	8,07	2,75	0,25
30.III	0,25		7,52	3,42	10,42	8,59	3,22	0,26
13.IV	Повышение +0,25	8,50	7,10	4,19	7,28	5,84	2,68	Повышение +0,90 12/IV
Расстояние до водопонизительного круга в м	1000	10	50	10	10	50	250	

Приведенные испытания фильтров и наблюдения за их работой показали эффективность применения обычных сетчатых фильтров. Исходя из этих же работ, а также материалов осушения угольных месторождений в Подмосковном бассейне и на Украине, можно полагать, что в условиях Лебединского месторождения для осушения сеноман-альбских песков могут быть применены фильтры и без обмотки их сеткой (щелевые и каркасные фильтры) с размерами отверстий 2—3 мм.

Очень интересный материал получен при испытаниях водоносности рудной толщи. При прокачке наблюдательных скважин на рудно-кристаллический горизонт, оборудованных сетчатым фильтром, дебит был крайне низок: 0,1—0,5 л/сек. С целью увеличения дебита центральная скважина рудного узла, вскрывшая 38-метровую толщу руды, представленную внизу рыхлыми разностями, при откачках не оборудовалась фильтром.

Бесфильтровая скважина при откачках эрлифтом вначале имела небольшую производительность, через 5—7 дней скважина «раскачалась», к концу опыта ее дебит составил 4,7 л/сек при понижении 19,2 м.

При откачке из скважины № 50 была вынесена большая масса рыхлой руды.

Произведенными исследованиями, таким образом, доказана эффективность применения метода искусственного водопонижения для осушения пород надрудной толщи на месторождениях Лебединского типа. Дело теперь за проектированием наиболее экономичных типов водопонизительных установок.

ВЫВОДЫ

1. Как в геологическом, так и гидрогеологическом отношении достаточно хорошо изучена только верхняя часть разреза территории Курской магнитной аномалии, до глубины 100—150 м от дневной поверхности. Состав и характер водоносности более глубоких напластований, особенно по южной и северной окраинам территории, изучен еще крайне недостаточно.

2. На большой части территории КМА гидрогеологические и инженерно-геологические условия неблагоприятны для разработки богатых руд и кварцитов, что связано с наличием в кровле докембрийского фундамента мощных толщ водоносных, преимущественно песчано-глинистых пород, содержащих напорные воды с гидростатическим давлением от 4 до 25 атм. и более.

3. Отечественная горная практика и опыт разработки богатых руд и кварцитов на руднике им. И. М. Губкина показывает, что трудность освоения железорудных месторождений Курской магнитной аномалии будет связана не с большими притоками, которые сами по себе при современном состоянии техники водоотлива вполне преодолимы, а с неустойчивостью водоносных песчано-глинистых пород в кровле горных выработок и в откосах карьера и с трудностями их осушения.

4. Наиболее неблагоприятными условиями отличаются второй, четвертый и пятый районы, где в большинстве своем разработка богатых руд возможна только с предварительным осушением надрудного комплекса пород, а кварцитов — при закрытом способе с оставлением мощного целика в кровле.

5. На фоне общих неблагоприятных условий относительно лучшая природная обстановка наблюдается в пределах первого и третьего районов, где присутствие в составе надрудных напластований довольно мощных толщ глин позволит значительно уменьшить необходимый объем осушительных работ в сравнении с месторождением других районов.

6. Относительно неглубокое залегание докембрийских пород в центральной части рассматриваемой территории диктует необходимость скорейшей разработки методов вскрытия некоторых месторождений богатых руд и кварцитов открытым способом (Лебеди, Михайловка), для чего необходимо проведение исследовательских работ.

В заключение мы считаем необходимым указать на общее направление дальнейших гидрогеологических и инженерно-геологических исследований на КМА на ближайшие годы.

Трудности освоения железорудных месторождений диктуют необходимость широкого развертывания гидрогеологических и инженерно-геологических исследований Курской магнитной аномалии с охватом новых районов, природные условия которых еще очень слабо изучены (западные, южные и северные районы КМА).

Среди вопросов, требующих изучения и разрешения, необходимо отметить следующие.

1. Характер и степень обводненности докембрийских пород, в том числе кварцитов, за пределами Старооскольского района.

2. Условия обводненности богатых руд во вновь разведываемых районах.

3. Эффективные и экономические способы осушения надрудной толщи и рудного тела.

4. Условия устойчивости откосов карьеров, заложенных в мощной толще водоносных песчано-глинистых пород.

В разрезе поставленных задач исследовательские работы на КМА в ближайшие годы должны протекать по следующим основным направлениям.

1. Изучение общих геологических и гидрогеологических условий рассматриваемой территории путем бурения структурных поперечников, пересекающих всю территорию КМА.

Важнейшей задачей этих исследований является региональное изучение состава, мощности и структуры докембрийского фундамента и надрудного комплекса пород и условий их водоносности.

В результате исследований, проведенных в указанном направлении, должны быть получены материалы, позволяющие уточнить имеющиеся представления об общих гидрогеологических и инженерно-геологических условиях территории КМА.

Для решения названных вопросов используются также и материалы поискового и разведочного бурения на богатые руды и кварциты.

2. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования при промышленной разведке богатых руд и кварцитов.

В состав указанных исследований входят:

а) гидрогеологическое обследование района месторождения на топографической основе масштаба 1 : 25 000 или 1 : 50 000;

б) изучение состава, характера и степени водоносности кварцитов и вмещающих пород;

в) изучение литологического состава водно-физических и механических свойств надрудных слоев путем бурения инженерно-геологических скважин с полным отбором керна с отбором образцов пород с ненарушенной структурой для лабораторных определений;

г) опытные гидрогеологические работы для определения степени водообильности и фильтрационных свойств надрудных образований.

3. Специальные гидрогеологические и инженерно-геологические исследования, необходимые для составления проектов разработки месторождений богатых руд и кварцитов закрытым и открытым способами.

Сюда входят опытные откачки, испытание фильтров, инженерно-геологическое изучение надрудной толщи с целью выяснения условий устойчивости пород надрудной толщи как в откосах карьера, так и в закрытых выработках.

4. Организация гидрогеологической службы на действующем руднике им. И. М. Губкина, в задачу которой должны входить:

а) изучение характера и степени обводненности руд и железистых кварцитов в горных выработках;

б) наблюдения за притоками воды в шахту;

в) изучение устойчивости кварцитов в кровле очистных камер и, в частности, путем многолетних маркшейдерских наблюдений за поведением кровли в очистных пространствах и на поверхности.

5. Изучение нарушенного и ненарушенного режимов подземных вод.

Для изучения нарушенного и ненарушенного (естественного) режимов подземных вод организуются специальные гидрогеологические посты при промышленной разведке месторождений богатых руд.

Нарушенный режим изучается на действующем руднике им. И. М. Губкина, а в дальнейшем и на Лебединском карьере, для чего необходимо значительно расширить существующую там наблюдательную сеть.

6. Обобщение опыта эксплуатации месторождений СССР пластового типа, приуроченных преимущественно к песчано-глинистым породам, и разработка методики расчета устойчивости откосов глубоких карьеров, заложенных в этих породах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. и Корбуш И. И. Общие результаты разведочных работ в области щигровского максимума Курской магнитной аномалии. Труды ОККМА, 1926, стр. 55.
2. Дубянский А. А. Основной массив высокосортных руд КМА должен залегать в юго-западной части Воронежского горста докембрийских пород. Изд. «Коммуна». «Социалистическое строительство ЦЧО», Воронеж, 1934.
3. Дубянский А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Воронеж, 1948.
4. Маков К. И. Подземные воды Украинской ССР. Киев, 1947.
5. Савицкий П. Т. Гидрогеологический очерк КМА. Гостехиздат, 1939.
6. Труды ОККМА. Труды геологического отдела. ГИЗ, в. V, 1924.
7. Щеголев Д. И., Краснопевцев Н. И. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи района КМА. «Проблемы советской геологии» 1934, № 10.

Ю. В. МУХИН

ОБ ОСУШЕНИИ ТОЛЩИ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В геологическом разрезе надрудной толщи пород района Курской магнитной аномалии присутствует серия отложений различного возраста: девонских, каменноугольных, юрских, меловых и третичных, образовавшихся преимущественно в условиях прибрежной полосы и мелкого открытого моря (фиг. 1 и 2).

Преобладающее значение в разрезе надрудной толщи имеют породы мелового возраста, представленные песками, мелом и мергелем, и юрские песчано-глинистые породы, характеризующиеся непостоянством литологического состава. Породы девонского, каменноугольного и третичного возраста имеют подчиненное значение и на части территории в разрезе отсутствуют. Вся эта серия осадков имеет мощность 100—200 м и более, залегает на размытой пенепленизированной поверхности пород докембрийского кристаллического фундамента, в общем слабо наклоненной на юг.

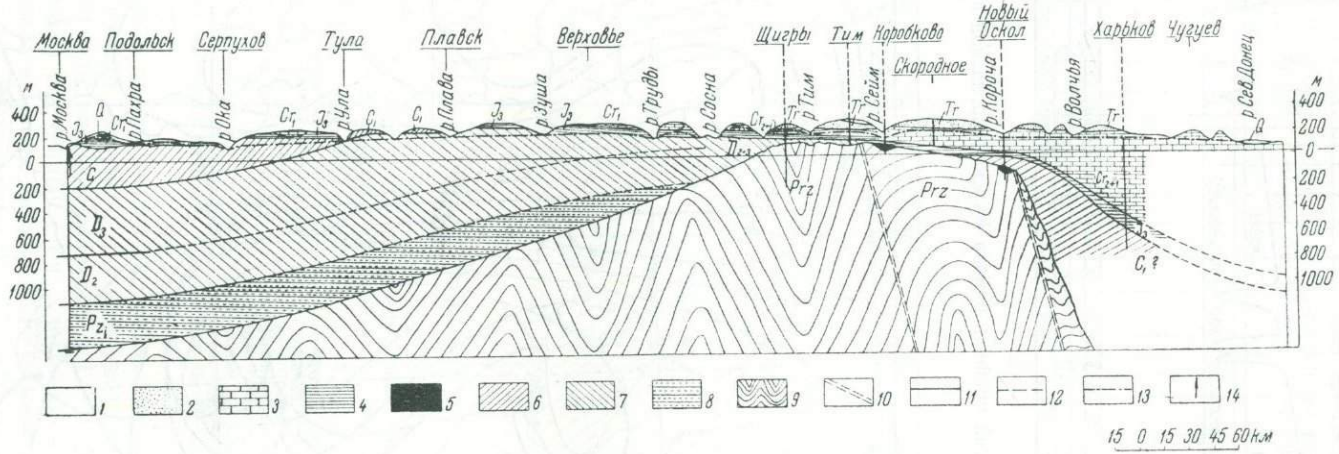
Ниже местных базисов эрозии породы надрудной толщи являются в большей или меньшей степени обводненными. Наиболее обводнены породы мелового возраста. Обводнена также и верхняя трещиноватая зона пород докембрийского фундамента на глубину 40—60 м от древней поверхности докембрия. В пределах же тектонических нарушений обводнены и более глубокие его части докембрийских пород (на глубину 200 м и более от кровли).

Общая мощность обводненных пород надрудной толщи в местах высокого положения докембрийского фундамента составляет около 100 м, с колебаниями от 50 до 200 м. Колебания связаны с глубиной залегания кровли докембрия и неровностями ее рельефа. Значительная фациальная изменчивость морских осадков, их трансгрессивное залегание на докембрии, отсутствие выдержанных пластов глинистых пород, которые для всей территории КМА можно было бы рассматривать как водоупорные, являются причинами, обусловливающими гидравлическую связь подземных вод, приуроченных к различным геологическим образованиям.

Локальное распространение водоупорных и относительно слабо водопроницаемых пород вызывает в отдельных местах напор подземных вод в породах, лежащих ниже местных базисов эрозии. Величина напора непостоянна и в общем плане определяется разностью отметок уровня подземных вод на водоразделах и в долинах.

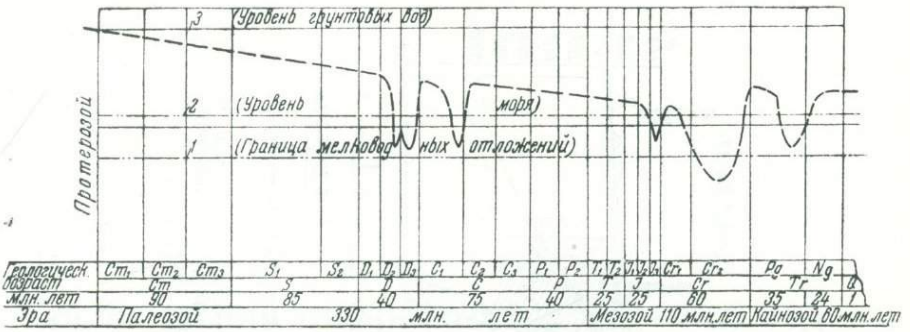
Питание подземных вод на территории КМА происходит исключительно за счет атмосферных осадков, выпадающих в центральной и южной частях Среднерусской возвышенности. На питание подземных вод описываемого района в среднем расходуется 7—8% от среднегодового количества осадков.

Большая часть подземных вод дренируется эрозионной сетью в пределах самой возвышенности и лишь некоторая небольшая часть их

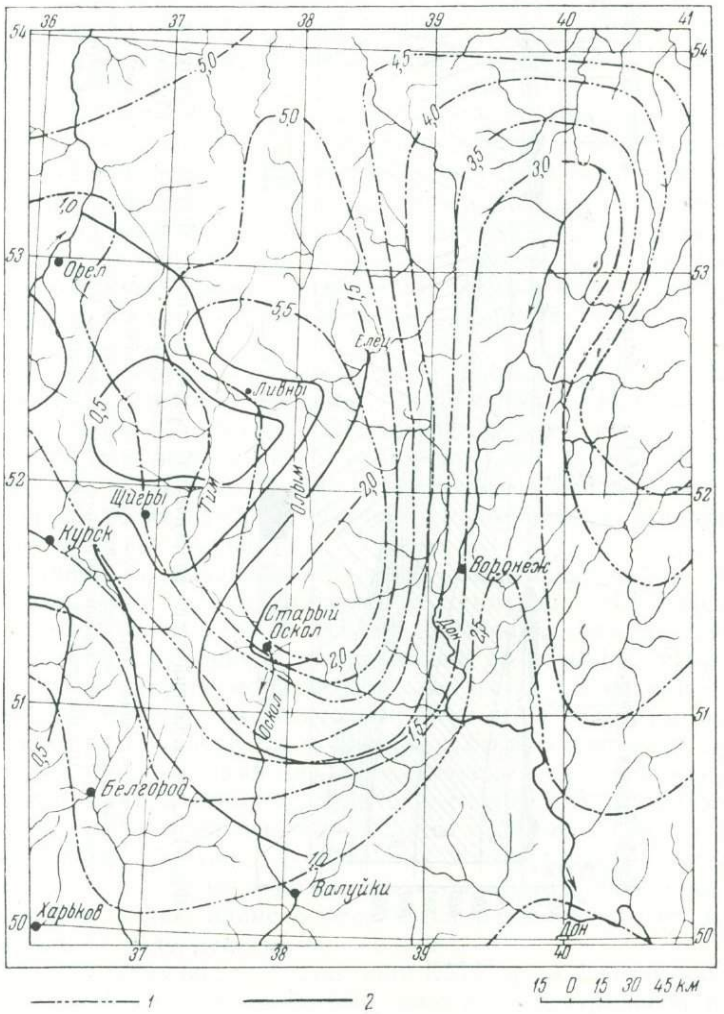


Фиг. 1. Схематический гидрогеологический разрез по линии Москва — Серпухов — Верховье — Щигры — Чугуев — р. Северный Донец. Составил Ю. В. Мухин, 1952

1 — четвертичные породы; 2 — третичные породы; 3 — меловые породы; 4 — юрские породы; 5 — богатые железные руды; 6 — каменноугольные породы; 7—девонские породы; 8 — древнепалеозойские породы; 9 — докембрийские породы; 10 — предполагаемые зоны разломов в докембрии; 11 — возрастные границы пород; 12 — то же, предполагаемые; 13 — уровень подземных вод; 14 — напорные воды подмосковной котловины



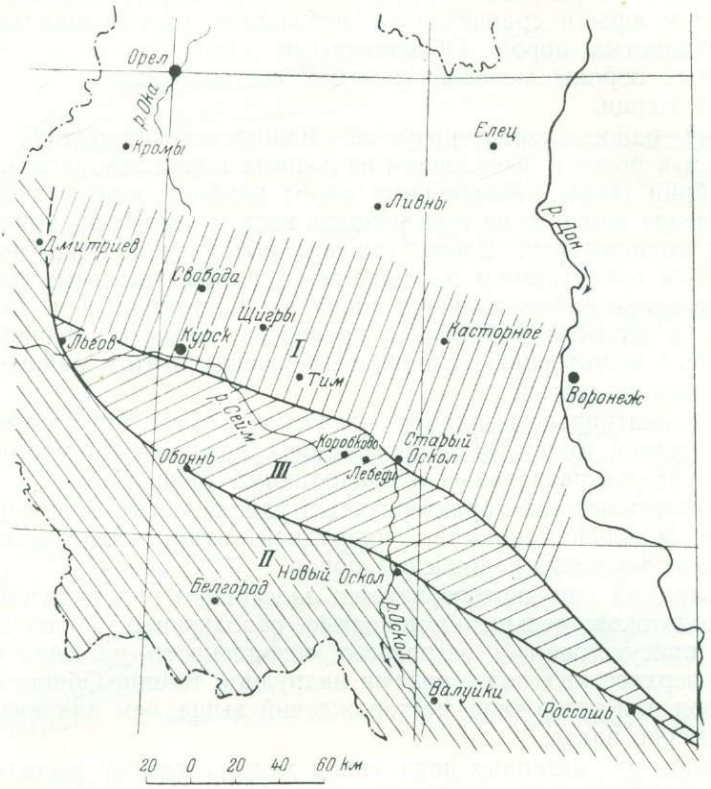
Фиг. 2. Эпейрогенический профиль района Курской магнитной аномалии



Фиг. 3. Карта распределения стока в районе Курской магнитной аномалии

1 — изолинии суммарного среднегодового стока (по Воскресенскому, 1948); 2 — изолинии подземного (поперечного) стока (по автору, 1952). Цифры при изолиниях обозначают модули стока (л/сек с 1 км)

медленно стекает по породам, лежащим ниже местных базисов дренирования. Сток по этим породам направлен на юг, в сторону Днепровско-Донецкой впадины. Эта часть подземного стока составляет не более 0,7—0,8% от среднего годового количества осадков, т. е. не более 10%



Фиг. 4. Карта гидрогеологического районирования территории КМА по условиям осушения надрудной толщи месторождений богатых железных руд при добыче их открытыми способами

I — первый (северный) район. Мощность надрудной толщи 150 м и более. Разрез ее сложен породами девона и мезозоя. Обводнены преимущественно породы мезозоя. Девонские породы обводнены слабо. II — второй (южный) район. Мощность надрудной толщи 150—200 м и более. Разрез ее сложен обводненными породами карбона, мезозоя и кайнозоя. III — третий (центральный) район. Мощность надрудной толщи 50—100 м, реже до 150 м. Разрез ее сложен в основном породами мезозоя. Обводненными являются породы мелового возраста и на отдельных участках—породы юры.

подземного стока, дренируемого эрозионной сетью в пределах возвышенности. Иначе говоря, местный (поперечный) подземный сток характеризуется средней величиной модуля стока 1,0 л/сек/км^2 (фиг. 3) и глубокий (продольный) подземный сток — величиной модуля 0,1 л/сек/км^2.

До настоящего времени баланс подземных вод района КМА в литературе оставался не освещенным.

Применительно к условиям осушения надрудной толщи автор выделяет на территории КМА три гидрогеологических района (фиг. 4): северный, центральный и южный.

Северный район характеризуется положением докембрийского фундамента, лежащим на 100—150 м ниже дневной поверхности, и залеганием на нем слабо обводненных, преимущественно глинистых, пород девона. Более обводненной здесь является верхняя часть разреза надрудной

толщи, сложенная песчаными и карбонатными породами мелового возраста и прибрежными фациями юры.

Центральный район характеризуется глубиной залегания докембрийского фундамента на 80—100 м, реже 150 м ниже дневной поверхности и отсутствием в разрезе надрудной толщи пород девона, карбона, а местами и юры и сравнительно небольшой обводненностью юрских песчано-глинистых пород. Обводненными здесь являются песчаные и карбонатные породы меловой системы, составляющие основную часть надрудной толщи.

Южный район характеризуется мощностью надрудной толщи в 150—200 м и более и выпадением из разреза пород девона и залеганием на докембрии сильно обводненных пород карбона, юры и мела.

В пределах каждого из трех районов выделяются подрайоны, приуроченные к долинам рек. Здесь условия обводнения надрудной толщи осложняются присутствием аллювиальных и поверхностных вод.

Центральный район является наиболее благоприятным для добычи богатых руд горными работами с предварительным осушением надрудной толщи. Рассмотрению условий ее осушения в этом районе и посвящена настоящая статья.

Здесь, в центральном гидрогеологическом районе, по условиям обводнения надрудной толщи, выделяются два основных типа месторождений богатых руд: водораздельный и придолинный (фиг. 5).

Водораздельный тип характеризуется удаленностью от поверхностных водотоков, большей мощностью надрудной толщи и отсутствием в ее разрезе аллювиальных водоносных пород.

Придолинный тип характеризуется залеганием руд в долинах современных водотоков, меньшей мощностью обводненных пород надрудной толщи, и присутствием в ее разрезе обводненного аллювия и взаимосвязью поверхностных вод с водами надрудной толщи. Общая обводненность пород для этого типа месторождений выше, чем для водораздельного, примерно вдвое.

В каждом из указанных двух типов месторождений выделяются два подтипа, отличающиеся условиями взаимосвязи вод в надрудной толще с водами в кристаллических породах докембрия и в богатых рудах: а) с явной взаимосвязью и б) с неявной взаимосвязью.

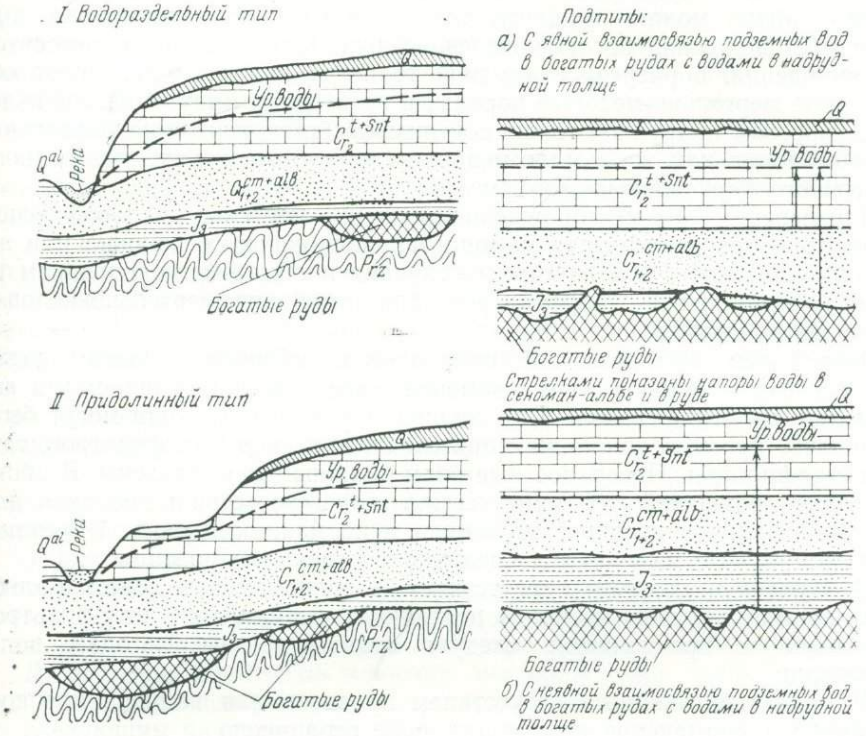
Подтип с явной взаимосвязью характеризуется небольшой мощностью юрских песчано-глинистых отложений (до 5—8 м), наличием в толще юры «окон» или размывов, преобладанием опесчаненных ее разностей и отсутствием выдержанных глинистых прослоев. При осушении надрудной толщи здесь почти одновременно будет происходить снижение пьезометрических напоров трещинных вод в богатых рудах.

Подтип с неявной взаимосвязью характеризуется большей мощностью (более 5—8 м) юрских песчано-глинистых отложений, отсутствием в их толще окон или размывов, присутствием достаточно мощных и достаточно выдержанных глинистых прослоев. При осушении надрудной толщи снижение напоров трещинных вод в богатых рудах, по сравнению со скоростью осушения надрудной толщи, будет происходить замедленно. До съема юрских пород и вскрытия рудной залежи здесь потребуются специальные мероприятия по снижению напоров трещинных вод в руде.

Водораздельный тип месторождений богатых руд с явной взаимосвязью характеризуется наиболее благоприятными гидрогеологическими условиями для добычи открытыми горными работами с предварительным осушением надрудной толщи.

При опытном водопонижении, произведенном на Лебединском месторождении, была четко выявлена взаимосвязь вод, заключенных в поро-

дах надрудной толщи, определены величина и форма депрессионной воронки, уточнены данные о фильтрационных свойствах пород надрудной толщи и практически проверена эффективность метода искусственного водопонижения в условиях центрального гидрогеологического района.



Фиг. 5. Принципиальная схема типизации месторождений богатых железных руд по условиям обводненности надрудной толщи (применительно к центральному гидрогеологическому району КМА)

Удовлетворительные результаты дают графические и аналитические определения точки пересечения кривой депрессии с непониженной поверхностью подземных вод; подсчеты коэффициентов фильтрации по одиночным скважинам при водопонижении дают отклонения до 80—150% от величины среднего коэффициента фильтрации; всякого рода расчеты по данным общепринятых откачек из одной скважины, следовательно, не лишены элемента случайности и не могут претендовать на большую точность.

Анализ водопритоков в открытые горные выработки, расположенные в пределах центрального гидрогеологического района, произведенный на примере Лебединского месторождения, показывает, что для месторождений водораздельного типа водопритоки можно ожидать примерно вдвое меньшие, чем для месторождений придолинного типа (без учета специальных мероприятий по изоляции поверхностных вод). Для первого типа они определяются величинами порядка 2—3 тыс. м³/час и для второго — 4—6 тыс. м³/час.

Основная масса воды при этом будет поступать из надрудной толщи. Количество подземных вод из богатых руд и докембрия оценивается автором по соотношению модулей стока в размере до 10% от притока из надрудной толщи.

Осушение надрудной толщи с откачкой нескольких тысяч кубических метров воды в час представляет сложную техническую задачу, для решения которой необходимо комплексное использование различных методов водопонижения.

По условиям водопонижения в пределах центрального гидрогеологического района можно выделить два основных типа и несколько подтипов месторождений богатых железных руд. К первому типу относятся месторождения, в разрезе надрудной толщи которых присутствуют обводненные мергельно-меловые породы, и ко второму типу — месторождения с разрезом надрудной толщи совершенно без присутствия мергельно-меловых пород или же с маломощными прослойками водонасыщенного пластичного («разжиженного») мела.

Для первого типа месторождений осушение мергельно-меловой толщи может быть произведено при помощи водопонижающих скважин или же сквозных фильтров, а в некоторых случаях и обычным водоотливом из карьера. Применение иглофильтров для осушения мергельно-меловой толщи неэффективно.

Второй тип месторождений приурочен к пойменным частям долин рек. Мергельно-меловая толща замещена здесь песчано-глинистыми аллювиальными отложениями. Для осушения надрудной толщи могут быть применены, кроме водопонижающих скважин и сквозных фильтров, также и иглофильтры. Поверхностные воды должны быть отведены. В обоих типах месторождений, по присутствию или отсутствию прослоев или скоплений валунов крепкого песчаника и по мощности юрской песчано-глинистой толщи, выделяются следующие отдельные подтипы:

а) характеризующиеся присутствием в толще песков сеноман-альба прослоев или валунов крепкого песчаника — применение иглофильтров ограничено и предпочтение следует отдать другим методам водопонижения;

б) характеризующиеся отсутствием прослоев или валунов крепкого песчаника — применение иглофильтров не ограничено.

Кроме того, нами выделены еще и следующие подтипы применительно к характеру юрской песчано-глинистой толщи и условиям осушения ее в откосах:

а) мощность юры до 5—8 м — для осушения возможно применение иглофильтров, действие которых может быть усилено несложными устройствами вроде дренажных канав, а в богатых рудах — и водопонижающих колодцев;

б) мощность юрских пород свыше 5—8 м — для осушения их в откосах котлована действие иглофильтров недостаточно, оно должно быть усилено более сложными устройствами типа электродренажа, вакуум-фильтров и др. Обязательным должно также являться снижение напоров трещинных вод в рудно-кристаллической толще при помощи отдельных мероприятий.

Для первого типа месторождений наиболее полно учитывают геологические и гидрогеологические условия следующие схемы осушительных мероприятий.

1. Мергельно-меловая толща осушается водоотливом из карьера, сеноман-альбские пески, содержащие прослойки крепкого песчаника и валунов, — водопоглощающими скважинами; не содержащие песчаника и валунов — иглофильтрами. Юрская песчано-глинистая толща в откосах осушается иглофильтрами, усиленными при большой мощности юры электродренажем. Разгрузка напора трещинных вод в богатых рудах производится по мере надобности водопоглощающими колодцами или скважинами.

2. Мергельно-меловая толща и сеноман-альбские пески осушаются водопонижающими скважинами, юрская песчано-глинистая толща и снятие напора трещинных вод в богатых рудах может осушаться по схеме, аналогичной предыдущей.

3. Мергельно-меловая толща и сеноман-альбские пески осушаются при помощи сквозных фильтров; ими же производится снятие напора и частичное осушение богатых руд. Осушение производится при малой мощности юры — при помощи иглофильтров, при большой — применяются комбинированные мероприятия типа электродренажа в сочетании с иглофильтрами или вакуумфильтры.

Для второго типа месторождений необходимость осушения мергельно-меловой толщи отпадает, и схемами, наиболее полно учитывающими гидрогеологические условия, будут следующие.

1) Осушение аллювия и сеноман-альбских песков производится при отсутствии прослоев и валунов крепкого песчаника — при помощи иглофильтров. При наличии таких прослоев и валунов иглофильтрами может быть осушен только аллювий и верхняя часть сеноман-альбских песков. Для осушения нижней их части применяются водопонижающие скважины. Осушение юрской песчано-глинистой толщи в откосах и разгрузка напора трещинных вод в богатых рудах производятся так же, как и при осушении первого типа месторождений.

2. Аллювиальные и сеноман-альбские пески осушаются посредством водопонижающих скважин. Остальные осушительные мероприятия выполняются по прежним схемам.

3. Осушение аллювия и сеноман-альбских песков, а также снижение напора трещинных вод в богатых рудах производится сквозными фильтрами. Юрские песчано-глинистые отложения осушаются иглофильтрами и вакуумфильтрами в сочетании с электродренажем или без него.

Дальнейшие работы по освоению месторождений богатых железных руд в пределах центрального гидрогеологического района должны идти по следующим направлениям:

а) лабораторные исследования для осушения и закрепления откосов в юрских породах при помощи электродренажа и иглофильтров или вакуумфильтров;

б) разработка рациональных конструкций водопонижающих скважин и иглофильтров для осушения меловых пород аллювия и испытание их в природных условиях на опытных установках;

в) разработка рациональных конструкций иглофильтров и электродренажных установок для обезвоживания юрских пород в откосах котлована и испытание их в природных условиях на опытных установках.

Даже при тщательно поставленных и больших по объему лабораторных и полевых инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях при помощи бурения вряд ли удастся получить исчерпывающие данные для проектирования открытой эксплуатационной горной выработки в условиях Курской магнитной аномалии. Поэтому устройство опытного карьера и опытная добыча богатых руд должны являться следующим этапом исследований и той базой, на которой будут уточняться водно-физические свойства пород, осваиваться методы борьбы с подземными водами, проверяться разработанные методы водопонижения и закрепления откосов в юрских породах. На этой же базе должна будет развиваться и промышленная добыча богатых руд. Такой пример освоения добычи кварцитов подземными горными работами на базе опытной шахты рудника им. И. М. Губкина мы уже имеем.

И. Г. КИССИН

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КОРОБКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Сложная гидрогеологическая обстановка района Курской магнитной аномалии создает необходимость серьезного изучения условий обводненности железистых кварцитов и богатых железных руд при их разведке и разработке.

Одним из наиболее исследованных в гидрогеологическом отношении является район Коробковского месторождения, где гидрогеологические работы проводились как в процессе разведки, так и при проходке горных выработок рудника им. И. М. Губкина, являющегося пока единственным рудником на КМА.

Гидрогеологические исследования на Коробковском месторождении были начаты в 1932 г., когда откачками была определена водообильность сеноманских песков, а также опытным путем установлено, что рудно-кристаллическая толща является водоносной. В последующие годы гидрогеологические работы на месторождении приобретают более широкий размах. Под руководством гидрогеологов Д. И. Щеголева, П. Т. Савицкого и Н. Д. Краснопевцева на Коробковском и соседних месторождениях были проведены опытные работы для определения водообильности мергельно-меловых пород, сеноман-альбских песков и рудной толщи; изучались условия взаимосвязи различных водоносных горизонтов. При проходке горных выработок рудника им. И. М. Губкина определялись физико-механические и фильтрационные свойства пород надрудной толщи и проводились наблюдения над обводненностью рудно-кристаллической толщи.

Строительство рудника им. И. М. Губкина в довоенные годы велось с целью разработки богатых железных руд. Однако выявившиеся сложные гидрогеологические условия залегания этих руд (неустойчивая кровля и сильная обводненность), не позволявшие вести их разработку без предварительного осушения надрудной толщи, послужили причиной изменения назначения рудника, который в послевоенные годы был переоборудован для добычи железистых кварцитов.

В период с 1947 по 1952 г. на Коробковском месторождении велась разведка железистых кварцитов, сопровождавшаяся гидрогеологическими работами и наблюдениями. Эти работы, проводившиеся Курской железорудной экспедицией, имели целью выявление условий обводненности железистых кварцитов и других кристаллических пород. При проходке горных выработок рудника в последние годы были получены многочисленные материалы, характеризующие обводненность железистых кварцитов на различных глубинах.

Характер обводненности рудно-кристаллических пород в районе Коробковского месторождения определяется, с одной стороны, наличием

в осадочной толще двух мощных водоносных горизонтов, приуроченных к мело-мергельным отложениям и пескам, а с другой, — фильтрационными свойствами песчано-глинистой юрской толщи и пород рудно-кристаллического комплекса.

Первый от поверхности основной водоносный горизонт получил в литературе наименование мергельно-мелового водоносного горизонта. Воды этого горизонта циркулируют в трещиноватой зоне выветривания карбонатных пород туронского, коньякского и сантонского ярусов. Мощность мергельно-меловой толщи на Коробковском месторождении колеблется в пределах от 17,0 до 66,9 м и увеличивается в направлении от долины р. Осколец и ручья Теплоколодезянского к водоразделу. Трещиноватость мергелей и мела распространяется обычно на глубину 50—60 м, поэтому в долинах рек эти породы разбиты трещинами и водоносны на всю свою мощность, а на водоразделах нижняя часть толщи монолитна и является местным водоупором.

Воды мергельно-мелового горизонта дренируются эрозионной сетью и питают многочисленные источники. Так, группа источников у с. Теплый Колодезь в нескольких километрах от Коробковского месторождения имеет дебит около 60 л/сек [1].

Абсолютные отметки свободного уровня мергельно-мелового горизонта, по данным П. Т. Савицкого [2], на разных участках месторождения колеблются в пределах 144—149 м.

Мергельно-меловой горизонт обладает значительной водообильностью. При опытных откачках на Коробковском и Лебединском месторождениях удельный дебит скважин, вскрывавших данный горизонт, достигал 4,6 л/сек. Водообильность мергельно-меловой толщи увеличивается от водораздела к долинам р. Осколец и ручья Теплоколодезянского, где толща эта обнажена и сильно трещиновата и, кроме того, сообщается с нижележащим водоносным горизонтом.

Верхняя зона мергельно-меловых пород, мощностью 5—6 м, представляет рыхлую глинообразную массу и обладает пониженными фильтрационными свойствами.

Обводненность мергельно-меловой толщи связана не только с трещиноватостью, но и с карстовыми явлениями. Так, при проходке ствола шахты № 1 на глубине 49—50 м были встречены карстовые пустоты с большими выходами воды.

Второй основной водоносный горизонт, приуроченный к пескам сеноманского и альбского ярусов, обычно называют сеноман-альбским водоносным горизонтом. Этот водоносный горизонт является наиболее мощным на территории Курской магнитной аномалии. Водоупорным ложем для данного горизонта служат глинистые отложения верхней юры. При наличии в кровле песков монолитного мела, сеноман-альбские воды являются напорными. На Коробковском месторождении величина напора по скважине № 4 (у шахты № 1) составляет 15—16 м. Абсолютные отметки пьезометрического уровня сеноман-альбского горизонта равны 142—145 м. Мощность сеноман-альбской толщи на Коробковском месторождении, по данным буровых работ Курской железорудной экспедиции, колеблется в пределах от 19,7 до 56,4 м.

Степень водообильности мелкозернистых сеноманских песков и крупно- и разнозернистых песков альба различна. В результате откачек, проводившихся на месторождении в 1932—1933 гг., были получены величины удельного дебита для песков сеномана 0,28—0,44 л/сек, а для песков альба 2,2 л/сек. Подсчитанные П. Т. Савицким средние коэффициенты фильтрации составляют для сеноманских песков 4,3 м/сутки, для альбских песков 21,6 м/сутки [2].

Воды сеноман-альбского горизонта в районе месторождения частично дренируются речной сетью.

При наличии в геологическом разрезе района сильно водоносных рыхлых и трещиноватых отложений большое значение для обводненности рудно-кристаллических пород приобретает верхнеюрская толща, которая на Коробковском месторождении повсеместно развита и покрывает докембрийские кристаллические породы или железные руды (там, где последние присутствуют).

Представлена юра песчано-глинистыми отложениями, отличающимися весьма пестрым гранулометрическим составом. Наряду с более или менее песчанистыми глинами здесь встречаются глинистые мелкозернистые пески и даже прослои разнозернистых песков. Мощность юрской толщи на месторождении колеблется в значительных пределах — от 0,5 до 58 м. Средняя мощность юры, по данным буровых работ Курской железорудной экспедиции, составляет на Северо-Коробковском участке 22,6 м, на Южно-Коробковском участке 9,8 м. Выдержанного водоносного горизонта юрская толща не содержит. Обводненность юрских пород связана с линзами и прослоями песков. Характерным для песчано-глинистой толщи является незначительный коэффициент фильтрации (на Коробковском месторождении величины его колеблются в пределах 0,0043—0,052 м/сутки) и малая водоотдача.

По своим физико-механическим свойствам верхняя юра в Старооскольском районе не может служить стойкой и надежной кровлей при разработке руды.

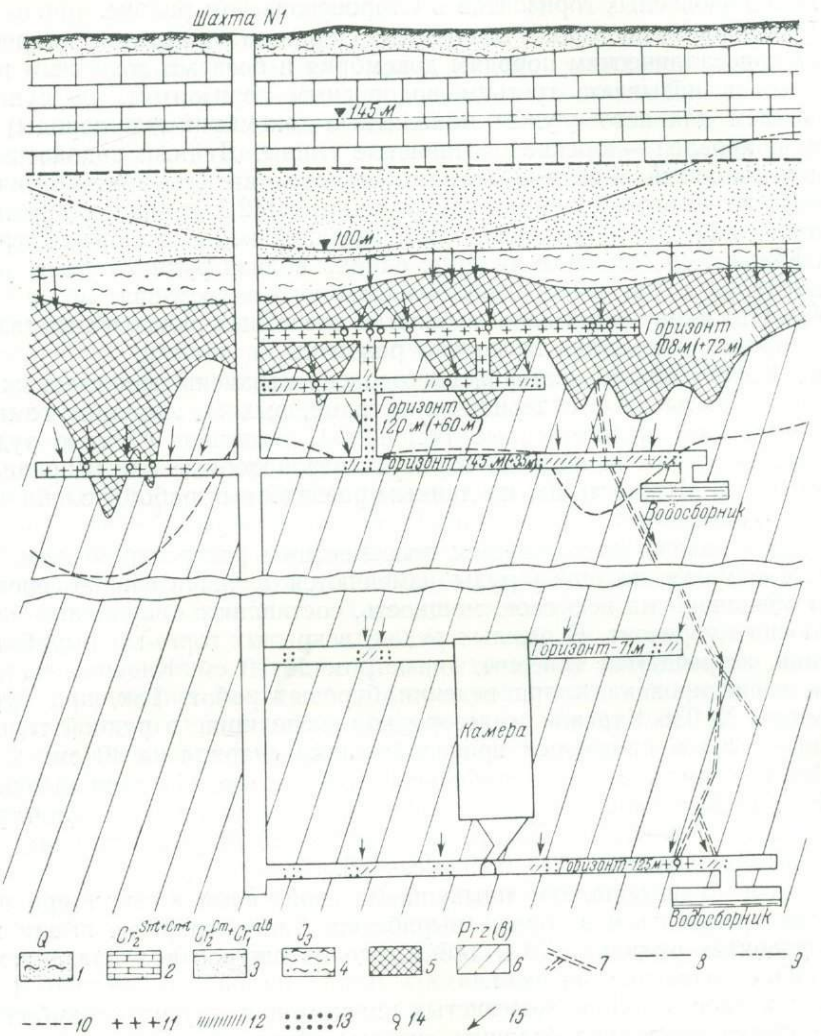
Рассматривая условия обводненности железистых кварцитов и богатых руд, нельзя не остановиться на роли юрских отложений как относительного водоупора, регулирующего поступление воды из песков и мергельно-меловых пород в рудно-кристаллическую толщу.

Если мергельно-меловой и сеноман-альбский водоносные горизонты получают питание благодаря непосредственной инфильтрации атмосферных осадков (первый — в районе месторождения, второй — к северу от Старооскольского района, где пески выходят на поверхность по долинам рек), то докембрийская кристаллическая толща в пределах Курской магнитной аномалии нигде на дневную поверхность не выходит, и вода в нее может поступать только посредством фильтрации из вышележащих водоносных горизонтов (мы не располагаем какими-либо фактами, указывающими на наличие в районе КМА ювенильных вод). Юрская песчано-глинистая толща предохраняет рудно-кристаллические породы от непосредственного контакта с водоносными песками и затрудняет, таким образом, взаимосвязь рудно-кристаллического горизонта с водами осадочной толщи.

Характер водообильности рудно-кристаллического водоносного горизонта и его питания тесно связан с условиями взаимосвязи этого горизонта с водами надъюрской толщи. Большая изменчивость в литологическом составе и мощности юрской толщи определяет различие в условиях взаимосвязи между водоносными горизонтами даже на разных участках одного месторождения. Так, например, при проведении в 1940 г. на соседнем с Коробковским Лебединском месторождении опытных откачек из рудной толщи, понижения уровня воды в надъюрских горизонтах не наблюдалось [2]. Опытные откачки, проведенные на том же месторождении институтом ВСЕГИНГЕО в 1952 г., показали наличие хорошей взаимосвязи вод рудной толщи с сеноман-альбским горизонтом.

На Коробковском месторождении в результате многолетней работы шахтного водоотлива в районе рудника им. И. М. Губкина образовалась крупная депрессионная воронка в рудно-кристаллическом водоносном

горизонте, радиус которой превышает 400 м, а глубина достигает 45—50 м (фиг. 1). В наблюдательных скважинах на мергельно-меловой и сеноман-альбский водоносные горизонты, расположенных в пределах шахтного поля, были зафиксированы лишь небольшие понижения уров-



Фиг. 1. Схема обводненности горных выработок рудника им. И. М. Губкина Шахта № 1

1 — суглинок; 2 — мел, мергель; 3 — фосфоритовая плита, песок; 4 — песчаная глина; 5 — богатая руда; 6 — железистые кварциты; 7 — системы тектонических трещин; 8 — статический уровень меловых вод; абс. отм. 145 м; 9 — пониженный уровень рудно-кристаллических вод, абс. отм. 100 м; 10 — нижняя граница обводненной зоны железистых кварцитов; 11 — сильный капеж в выработках; 12 — слабый капеж; 13 — увлажненные участки выработок; 14 — концентрированные выходы воды; 15 — пути поступления воды в выработки

ня воды, не превышающие 2—2,5 м. Это свидетельствует о слабых фильтрационных свойствах юры в районе шахтного поля.

Рассматривая вопрос о взаимосвязи между водами рудно-кристаллического горизонта и надъюрской толщи в более широком, региональном масштабе, нужно считаться с наличием в районе участков с маломощной, преимущественно песчаной юрой с довольно высокими коэффициен-

тами фильтрации и даже с возможностью отсутствия в отдельных местах юрских пород (о такой возможности свидетельствуют большие колебания мощности юры). Именно этим следует объяснить факты близости уровней воды и общности химического состава рудно-кристаллического и меловых водоносных горизонтов в Старооскольском районе.

Рудно-кристаллический водоносный горизонт приурочен к трещиноватым кристаллическим породам докембрия и богатым железным рудам. Его иногда называют третьим водоносным горизонтом. Водоупорным основанием для него служат монолитные докембрийские породы, водоупорной кровлей — юрские песчанистые глины. Данный водоносный горизонт напорный. Средние абсолютные отметки его пьезометрических уровней на Северо-Коробковском участке — 142,3 м, на юго-восточном участке — 141,7 м. Примерно такое же положение напорных уровней и на Южно-Коробковском участке, однако вблизи рудника здесь уровни понижены в результате воздействия шахтного водоотлива.

Условия циркуляции воды в богатых железных рудах и кристаллических породах докембрия несколько различны.

На Коробковском месторождении распространены три главных типа богатых руд: плотные сидерито-мартитовые, рыхлые лимонито-гематитовые («краска») и мартитовые («синька»). Залегают богатые руды на толще железистых кварцитов, образуя линзоподобные или неправильной формы тела. Мощность их, по данным разведочных работ, колеблется от 0,7 до 56,5 м.

Рудная залежь не пользуется повсеместным распространением. Абсолютные отметки подошвы руды изменяются в значительных пределах. Руды обводнены на всю свою мощность, составляя с кварцитами единый водоносный горизонт. В рыхлых рудах, вскрытых горными выработками рудника, встречаются каверны, диаметром до 10 см. Кавернозность руд была зафиксирована и при ведении буровых работ. Так, при бурении скважины № 036 Курской железорудной экспедиции в рудной толще на глубине 112,3 м произошел провал бурового снаряда на 40 см.

Плотные руды более водообильны, чем рыхлые. По данным опытных работ на Коробковском месторождении, коэффициенты фильтрации плотных руд 1,4—1,7 м/сутки, рыхлых руд — 0,5 м/сутки, удельный дебит скважин при откачке 0,11—0,19 л/сек [2].

Рыхлые руды обладают плывунными свойствами и могут при их отработке прорываться в горные выработки. Такие прорывы имели место на горизонтах рудника 120 и 145 м, где из шпуров под давлением выносилась с водой рыхлая руда.

Водоносность толщи железистых кварцитов и других докембрийских метаморфических пород (сланцы, гнейсы) обусловлена наличием в верхних горизонтах этой толщи повсеместно распространенной трещиноватой зоны, связанной с деятельностью процессов выветривания. Путями циркуляции воды являются также отдельные системы трещин, рассекающие кристаллический массив на довольно значительную глубину.

Трещиноватость и водоносность метаморфической толщи наиболее интенсивны в ее верхних частях и с глубиной постепенно уменьшаются.

Величины коэффициентов фильтрации трещиноватой зоны железистых кварцитов, вычисленные по данным опытных наливов, колеблются на Южно-Коробковском участке от 0,0086 до 0,068 м/сутки, а на Северо-Коробковском участке от 0,0026 до 0,043 м/сутки. Эти цифры не характеризуют самые верхние, несколько более водопроницаемые части трещиноватой зоны, которые при бурении обычно перекрывались обсадными трубами на глубину 5—10 м, но даже и эти наиболее трещиноватые железистые кварциты обладают значительно меньшими коэффициентами

фильтрации, чем богатые руды. Еще менее водопроницаемыми являются сланцы, однако водоносность их повышается вблизи контактов с кварцитами.

В связи с принятой на месторождении системой разработки железистых кварцитов, которой предусматривается оставление потолочных целиков для предохранения горных выработок от прорыва вод из осадочной толщи, большое внимание при разведке уделялось определению мощности верхнего обводненного горизонта кварцитов. Опытными работами по нескольким десяткам скважин было установлено положение нижней границы обводненного горизонта. В северной половине месторождения мощность обводненного горизонта кварцитов колеблется от 30 до 89 м, а нижняя его граница находится в пределах абсолютных отметок от —5 до +59 м. В южной части месторождения мощность обводненного горизонта от 20 до 79 м, нижняя граница его приурочена к абсолютным отметкам от —4 до +72 м. Характер распространения водоносной трещиноватой зоны в массиве железистых кварцитов иллюстрируется на примере двух гидрогеологических разрезов (фиг. 2).

Закономерности в характере распространения верхнего обводненного горизонта в кварцитах улавливаются с трудом. Все же можно отметить, что мощность его — наименьшая в центре кварцитового массива Коробковского месторождения, по направлению к югу и юго-востоку наблюдается общее понижение нижней границы водоносной зоны кварцитов при увеличении ее мощности. Понижение нижней границы зоны на северной окраине месторождения связано не с увеличением мощности обводненной зоны, а с опусканием в северном направлении поверхности кристаллической толщи. Наблюдающееся в отдельных случаях, особенно на Северо-Коробковском участке (к северу от шахт № 1 и № 2), некоторое увеличение глубины распространения обводненной зоны от центра к периферии массива кварцитов обусловлено более интенсивной трещиноватостью пород в области контактов железистых кварцитов со сланцами в результате имеющих, видимо, место межпластовых подвижек.

Характеристика обводненности железистых кварцитов, полученная при гидрогеологических исследованиях во время буровых работ, может быть дополнена для центральной части месторождения данными наблюдений в горных выработках рудника им. И. М. Губкина.

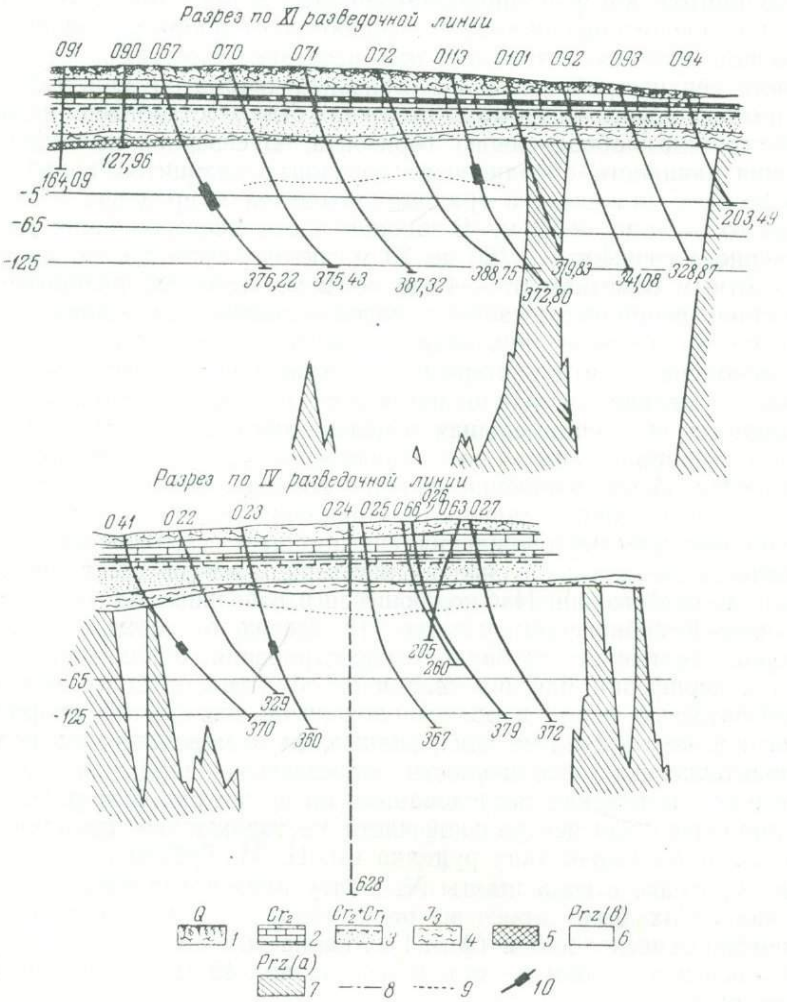
При проходке ствола шахты № 1 затухание водоносности в железистых кварцитах было отмечено на глубине 135 м, что соответствует абсолютной отметке +45 м (фиг. 1). Мощность обводненной зоны рудно-кристаллической толщи по стволу составляет 42 м (в том числе 21 м богатой руды).

Выработки горизонта 108 м (абс. отм. +72 м), длиной около 250 м, пройдены преимущественно в богатых железных рудах и лишь в небольшой своей части вскрывают сильно выветрелые кварциты. На всем протяжении этих выработок наблюдается сильный капёж и местами концентрированные струи воды. Менее обводнены выработки горизонта 120 м (абс. отм. +60 м), протяженность которых около 140 м. На данном горизонте распространены преимущественно мартито-магнетитовые кварциты, в которые на небольших участках вклиниваются богатые руды. Здесь водоносность пород проявляется в различной степени — от увлажненности стенок и кровли выработок в кварцитах до сильного капёжа и отдельных струй, которые располагаются преимущественно у контакта кварцитов с богатыми рудами.

Выработки горизонта 145 м (абс. отм. +35 м) имеют протяженность свыше 2 км и пройдены главным образом в кварцитах с подчиненными прослоями сланцев. Лишь в северо-западной части горизонта (17-й орт)

выработками вскрыты богатые руды, опускающиеся здесь на бо́льшую глубину, чем в центре шахтного поля.

В местах распространения богатых руд, в районе 17-го орта выработки сильно обводнены. Здесь встречаются участки сильного капёжа и



Фиг. 2. Схемы распространения водоносных зон в массиве железистых кварцитов по данным Курской железорудной экспедиции.

1 — почвенный слой и суглинок; 2 — мергель и мел; 3 — фосфоритовая плита и песок; 4 — глина юрская; 5 — руда; 6 — железистые кварциты; 7 — породы нижнего отдела докембрия (сланцы); 8 — пьезометрический уровень рудно-кристаллического водоносного горизонта; 9 — нижняя граница обводненного горизонта кварцитов; 10 — водоносные зоны, связанные с системами тектонических трещин.

концентрированные выходы воды с дебитом отдельных струй до 1 л/сек и более. Водоносные трещины чаще всего расположены у контактов богатых руд с кварцитами. В плотных рудах наблюдаются зияющие трещины шириной до 10 см и отдельные каверны, которые раньше, видимо, были выполнены рыхлой рудой.

В значительной своей части выработки горизонта 145 м характеризуются малой обводненностью, либо совсем сухие. Участки интенсивного капёжа здесь приурочены к контактам кварцитов со сланцами.

В железистых кварцитах как на горизонте 145 м, так и в глубоких горных выработках наблюдается несколько систем трещин: трещины напластования, горизонтальные или пологонаклонные трещины, вертикальные секущие трещины, трещины диагональные по отношению к слоистости. Густота трещин на различных участках горизонта 145 м неодинакова: наряду с монолитными кварцитами здесь встречаются кварциты с количеством трещин до 30—40 на 1 линейный метр.

Водоносными в выработках горизонта 145 м являются преимущественно трещины горизонтальные и пологонаклонные. Так, из 20 зафиксированных нами выходов воды с горизонтальными и пологонаклонными трещинами связано 11, с трещинами напластования 7 и с вертикальными секущими трещинами лишь 2 выхода воды.

Следует отметить, что за последние годы произошло некоторое увеличение обводненности основных выработок горизонта 145 м, о чем свидетельствует сравнение данных гидрогеологического картирования этих выработок, проведенного нами в 1949 г. и повторно — в 1953 г. Этот факт может быть объяснен изменением условий дренажа вод рудно-кристаллического горизонта в районе шахты № 1 благодаря тому, что в 1952 г. ствол шахты был дополнительно закреплен тюбингами и прекратилось поступление воды через крепь ствола.

Величина суммарного притока воды в выработки горизонтов 108, 120 и 145 м, соответствующая общему притоку воды в рудник, составляет 250—300 м³/час.

Обводненность железистых кварцитов, связанная с системами трещин, рассекающими кристаллический массив на большую глубину, определялась на месторождении главным образом по данным гидрогеологических работ на буровых скважинах (позональных опытных наливов) и наблюдений за проявлениями водоносности в горных выработках нижних горизонтов рудника. Тот факт, что указанные системы трещин встречаются лишь на отдельных участках и достигают глубин свыше 200 м от кровли кристаллической толщи, в то время как зона гипергенных изменений железистых кварцитов обычно не распространяется глубже 30—40 м, позволяет считать, что эти трещины имеют тектоническое происхождение. Однако природа таких трещин еще не совсем ясна и требует серьезного изучения.

Дизъюнктивные дислокации в выработках рудника им. И. М. Губкина встречаются довольно часто, но амплитуда подвижек обычно очень мала и в редких случаях превышает 1 м. Крупные же тектонические нарушения ни горными, ни буровыми работами в районе Коробковского месторождения не были вскрыты. Существование таких нарушений в пределах разведанных участков, повидимому, мало вероятно, но все же не исключено, так как горными работами в настоящее время охвачена лишь относительно небольшая, центральная часть массива кварцитов, а буровыми скважинами при некоторых условиях такой разлом мог быть и не зафиксирован (при расположении его между разведочными линиями или в случае смещения кварцитов параллельно напластованию). В частности, можно предположить наличие крупного тектонического нарушения в юго-западной части месторождения, где наблюдается большая депрессия поверхности докембрийского фундамента. Если на большей части Южно-Коробковского участка поверхность рудно-кристаллической толщи имеет абсолютные отметки 85—90 м, то в центре указанной депрессии она опускается до отметки 32 м. Простирается депрессия с северо-запада на юго-восток. Весьма вероятно, что причиной образования столь глубокого понижения явилось наличие ослабленной зоны в кристаллическом массиве, образовавшейся вследствие тектонического разлома.

Данные гидрогеологических опытных работ позволили выявить ряд водоносных зон, расположенных более или менее глубоко в толще железистых кварцитов. Характерные водоносные зоны показаны также на геологических разрезах фиг. 2.

Системы водоносных трещин были вскрыты буровыми скважинами на разных глубинах и отличаются различными величинами водопоглощения. В некоторых случаях обводненные трещиноватые зоны встречаются на глубинах до 50 м от кровли кристаллической толщи, т. е. в пределах верхнего выветрелого горизонта. Происхождение таких неглубоких зон следует объяснить неравномерностью выветривания железистых кварцитов, связанной с литологическими или тектоническими факторами.

Данные о положении глубинных водоносных зон в массиве железистых кварцитов и о соответствующих им величинах водопоглощения приведены в табл. 1.

Следует отметить, что границы интервалов, указанные в таблице, не характеризуют истинной протяженности водоносных зон, а лишь приблизительно определяют расположение последних.

Анализируя положение и водообильность указанных в таблице зон, можно сделать следующие выводы.

1. В центральной части массива кварцитов глубинные водоносные зоны встречаются редко и характеризуются небольшими величинами водопоглощения (до 0,11 л/сек).

2. Основная часть водоносных зон расположена в краевых частях кварцитового массива близ контакта кварцитов со сланцами верхнего или нижнего отделов докембрия. Некоторые зоны непосредственно приурочены к контакту между кварцитами и сланцами. Трещиноватые зоны, расположенные в приконтактовых областях, обладают более значительной водообильностью, чем зоны, находящиеся в центральных частях месторождения. Повышенную водообильность кварцитов в областях контактов следует объяснить наличием здесь более разветвленной сети тектонических трещин, образовавшихся в результате межпластовых подвижек. Следует, однако, иметь в виду, что многие контакты, вскрытые буровыми скважинами, не являются водоносными.

3. Большое количество обводненных зон пересечено скважинами в юго-восточной части месторождения. Кварциты здесь слагают небольшую сравнительно синклиналь и, повидимому, более подвержены воздействию межпластовых подвижек, чем в крупном массиве. По данным гидрогеологических работ, приконтактовые участки кварцитов в юго-западном крыле этой синклинали водоносны.

4. Водоносные зоны, вскрытые скважиной № 023 и в призабойной части скважины № 041, повидимому, связаны с дайкой жильной породы, пересеченной данными скважинами. Дайки жильных пород, вскрытые другими скважинами, не отличались повышенной обводненностью.

5. При осмотре кернового материала из участков, отличающихся повышенным водопоглощением, в ряде случаев удается обнаружить признаки обводненности (следы выщелачивания, открытые трещины с налетами гидроокислов железа по стенкам и т. д.).

Следует отметить, что величины водопоглощения в глубинных трещиноватых зонах порядка 1—2 л/сек не дают полных оснований ожидать значительных притоков воды из данных зон, ибо, как это показывают результаты гидрогеологических работ на соседнем Салтыковском месторождении, при откачках из трещиноватой зоны с величиной водопоглощения свыше 3 л/сек наблюдалось довольно быстрое образование крупной депрессионной воронки в рудно-кристаллическом горизонте при неболь-

Таблица 1

Часть структуры	№ скважины	Интервалы глубин, в которых обнаружены водоносные зоны (в м)	Водопоглощение (в л/сек)	Положение верхней границы интервала	
				абсолютные отметки	расстояние от кровли докембрия (по вертикали) (в м)
1. Северная часть месторождения					
Центральная часть массива	067	205,9—263,3	0,06	+5	73
	079	160,1—197,1	0,11	+39	40
	079	221,9—274,6	0,03	—20	100
	088	190,2—347,1	0,06	+18	60
Краевые части массива	073	190,1—201,5	1,5	+32	31
	073	208,1—239,7	0,27	+17	47
	0113	160,6—183,9	0,48	+40	52
	0115	214,6—347,8	0,14	—10	81
	0116	180,6—294,1	0,07	+22	65
Контакты кварцитов со сланцами	084	281,1—297,7	2,4	—55	117
2. Южная часть месторождения					
Центральная часть массива	023	177,4—360,0	0,1	+17	70
Краевая часть массива	037	189,0—277,0	0,25	+18	69
	041	201,1—220,4	0,10	0	75
	041	346,2—370,0	0,25	—110	197
	042	204,4—210,6	0,07	+4	84
	065	318,0—400,7	0,16	—99	187
Контакт кварцитов со сланцами	046	309,5—356,0	0,08	—95	180
	056	190,4—418,9	0,24	+11	80
	057	165,0—505,0	0,25	+36	54
3. Юго-восточная часть месторождения					
Юго-западное крыло синклинали	0118	190,3—211,0	0,88	—4	85
	0130	168,1—264,7	1,0	+12	66
	0124	234,5—277,8	1,1	—49	125
	0131	140,1—161,6	0,15	+21	59
	0131	164,1—261,0	0,05	—3	82
Центральная часть синклинали	0125	195,9—262,3	0,05	—21	103
	0127	158,0—312,3	0,32	+14	68
	0128	152,0—207,0	1,0	+16	69
	0129	158,7—347,1	0,4	+8	74
	0132	258,9—358,3	0,04	—99	186
Северо-восточное крыло синклинали	0126	145,6—169,9	0,09	+30	52

шом установившемся дебите (до 0,5 л/сек), что является признаком невысокой обводненности данной трещиноватой зоны.

Данные разведочных работ, указывающие на наличие водоносных зон в глубоких частях массива кварцитов, подтверждаются наблюдениями в руднике им. И. М. Губкина.

Проходка горных выработок рудника на глубоких горизонтах (—71 м и —125 м), связанная с разработкой железистых кварцитов, была начата в послевоенные годы, и в настоящее время протяженность выработок достигает нескольких километров. Однако большинство пройденных до сих пор выработок сосредоточено в центральной части массива кварцитов, где буровыми скважинами глубинные водоносные зоны вскрыты не были. Поэтому мы пока лишены возможности произвести сравнение результатов опытных гидрогеологических работ по исследованию глубинных водоносных зон с фактической обводненностью соответствующих зон при их пересечении горными выработками.

Обводненность глубоких горных выработок рудника, пройденных до настоящего времени, весьма незначительна (фиг. 1). Среди совершенно сухих выработок встречаются выработки с мокрой кровлей и стенками, изредка с капёжом. В отличие от горизонта 145 м (+35 м), большинство выходов воды на глубоких горизонтах приурочено к трещинам напластования в кварцитах. Характерно, что выработки горизонта — 125 м обводнены в большей степени, чем выработки вышележащего горизонта — 71 м. Видимо, основная часть водоносных трещин проходит в стороне от выработок горизонта — 71 м и вскрывается на нижнем горизонте. Если на горизонте — 71 м было отмечено лишь 1—2 случая концентрированных выходов воды, то на горизонте — 125 м участков с концентрированными выходами воды было зафиксировано около 10. Такие концентрированные выходы воды связаны чаще всего с опережающими скважинами и шпурами. Дебит отдельных выходов воды обычно не превышает 0,2—0,3 л/сек.

Иногда концентрированные выходы воды бывают здесь приурочены к зияющим трещинам. Одна из таких трещин была вскрыта в юго-восточном штреке № 3. При проходке этой выработки шпур в забое дал напорную воду горько-соленую на вкус. В течение нескольких часов напор воды заметно сократился и произошло опреснение воды. При дальнейшей проходке штрека в его стенке обнажилась крупная трещина. Простирание этой трещины почти широтное, падение крутое, близкое к вертикальному. Ширина трещины достигала 6—7 см. Трещина частично выполнена кварцем, кальцитом и пиритом. Этот материал местами выщелочен и из зияющей трещины изливалась вода. Приток воды из этой трещины не уменьшается: 20 марта 1953 г. величина его составляла 0,038 л/сек, 13 ноября 1953 г.— 0,040 л/сек.

Наиболее крупным притоком в глубоких горизонтах рудника характеризуется водоносная зона, вскрытая в конце 1953 г. в юго-восточном штреке № 4. Выходы воды здесь приурочены к нескольким шпурам и опережающей скважине. Кроме того, вода под напором изливается из трещин напластования в кварцитах. Проведенные здесь гидрогеологические наблюдения заслуживают внимания. Общий приток воды в данном забое составлял вначале 0,61 л/сек (2,2 м³/час). После того как забой был пройден на 0,5 м, дебит увеличился до 4,2 м³/час. Такая величина притока сохранялась свыше полутора месяцев и к моменту написания данной статьи сокращение ее не наблюдалось. Проходка этой водоносной зоны продолжается. Надо полагать, что повышенная обводненность здесь связана с системой трещин близ контакта железистых кварцитов с пачкой сланцев, к которой приближается штрек.

По характеру своего режима выходы воды на глубоких горизонтах рудника могут быть разделены на две группы: а) воды с затухающим притоком, б) со стабильным притоком.

К первой группе относится бóльшая часть отмеченных в выработках выходов воды. Они характеризуются заметным сокращением величины притока, особенно в течение первых часов или 1—2 суток после начала дренажа, однако полное прекращение излива воды наблюдается редко. В качестве примера, характеризующего режим таких выходов воды, можно привести данные по притоку из шпура в забое квершлага № 1, на горизонте —125 м (табл. 2).

Таблица 2

Дата замера	17.I. 1952	18.I 1952	23.I 1952	6.II 1952	22.II 1952	12.IV 1952	18.VII 1952	1.XII 1952	12.II 1953	24.X 1953
Величина притока в л/сек.	0,10	0,067	0,058	0,045	0,039	0,036	0,021	0,019	0,014	0,013

В других случаях происходило более резкое сокращение притока.

Выходы воды со стабильным притоком встречаются реже. Примером такого режима может служить водоносная зона в юго-восточном штреке № 4 горизонта —125 м, описанная выше, в которой сокращение величины дебита не происходило. В отличие от выходов воды первой группы, где сокращение притока свидетельствует об истощении статических запасов воды, заключенных в глубинной системе трещин, и затрудненной связи этой системы с верхним обводненным горизонтом кварцитов или даже об отсутствии такой связи, стабильный приток у выходов воды второй группы возможен только при наличии хорошей взаимосвязи водоносной зоны с верхними горизонтами.

Таким образом, появление при проходке горных выработок выходов воды со стабильным притоком может сигнализировать о приближении выработки к крупным водоносным трещинам.

По своим физическим свойствам и химическому составу воды всех водоносных горизонтов Коробковского месторождения близки между собой, они прозрачны, не имеют запаха и пригодны для питья. Температура шахтных вод постепенно возрастает с глубиной: от 8° на глубине 58 м (сеноман-альбская толща) до 9,5° на горизонте 145 и 11,0—11,5° на горизонте —125 м (рудно-кристаллическая толща).

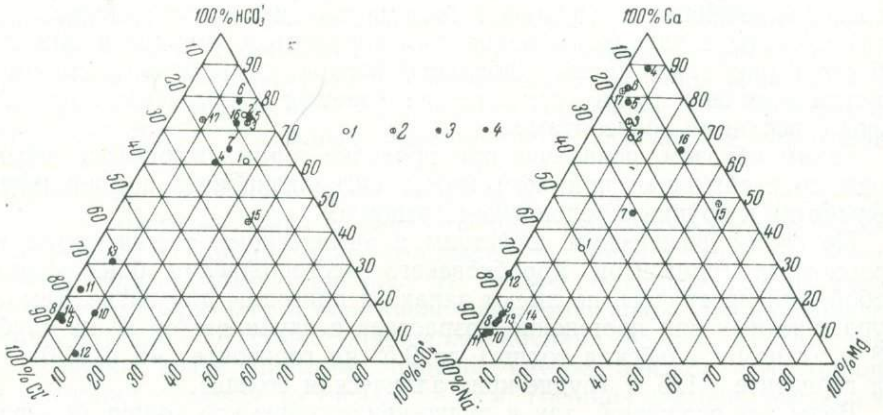
Воды как осадочной, так и рудно-кристаллической толщи (в верхней трещиноватой зоне) относятся преимущественно к гидрокарбонатно-кальциевому типу, с общей минерализацией 300—440 мг/л (табл. 3 и фиг. 3).

В 1952 г. нами было обнаружено наличие в глубоких горных выработках рудника нового хлоридно-натриевого типа вод. Эти глубинные трещинные воды имеют сухой остаток —1,1—1,3 г/л; Cl' до 560 мг/л, $Na^{\cdot}$ до 330 мг/л, при невысоком содержании $Ca^{\cdot\cdot}$. Отличие химического состава этих вод от вод верхней зоны рудно-кристаллического горизонта и вод осадочной толщи очень хорошо видно на графике химического состава вод (фиг. 3). Надо полагать, что в трещинах, глубоко рассекающих кристаллический массив, сохранились остатки древних вод морского генезиса, которые, смешиваясь с пресными водами верхних горизонтов, и дали воды повышенной минерализации.

Обычно при вскрытии обводненных зон в глубоких выработках с течением времени происходит постепенное уменьшение содержания в воде Cl' и $Na^{\cdot}$ с понижением общей минерализации. Так, например, вода из

Таблица 3

№ анализа	Место отбора проб воды	Содержание компонентов в литре в мг/мг-экв. %							Сухой остаток в мг/л
		$Na^{\cdot}$	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Cl^{\prime}$	$SO_4^{\prime\prime}$	$NO_3^{\prime}$	$HCO_3^{\prime}$	
2	Река Осколец у с. Лебеди	33,4	96,2	10,0	14,5	64,2	10,5	311,3	418,0
		20,2	68,2	11,6	5,8	19,1	2,4	72,7	
3	Коробково, скважина C_1, мергельно-меловой водоносный горизонт	32,0	109,4	7,4	16,3	73,1	10,0	32,5	440,0
		18,6	73,2	8,2	6,2	20,4	2,1	71,3	
15	Коробково, скважина № 4, сено́ман-альбский водоносный горизонт	8,7	51,6	29,6	39,8	95,3	—	139,1	356,0
		7,0	47,8	45,2	20,8	36,8		42,4	
4	Коробково, скважина № 0131, рудно-кристаллический водоносный горизонт (верхняя зона)	5,5	88,6	3,5	35,5	46,0	—	183,0	304,0
		4,8	89,3	5,9	20,2	19,2		60,6	
14	Рудник им. И. М. Губкина, горизонт —125 м, квершлаг № 1, рудно-кристаллический водоносный горизонт (глубинная зона)	326,1	39,1	30,8	563,2	8,2	—	159,1	1066,0
		76,0	10,5	13,5	85,1	0,9		14,0	



Фиг. 3. Графики химического состава подземных и поверхностных вод Коробковского месторождения.

1 — поверхностные воды; 2 — мергельно-меловой водоносный горизонт; 3 — сеноман-альбский водоносный горизонт; 4—рудно-кристаллический водоносный горизонт

шпура в забое квершлага № 1 на горизонте —125 м изменяла свой состав следующим образом (табл. 4).

Таблица 4

Дата отбора пробы	Содержание в мг/л		
	сухой остаток	$Cl^{\prime}$	$Na^{\cdot}$
7.II 1952	1066	563	326
12.IV 1952	954	478	311
27.IV 1952	617	160	128

Такое изменение химического состава объясняется проникновением в глубинную трещиноватую зону небольших количеств пресной воды из верхних горизонтов.

В некоторых случаях вода из глубинных трещиноватых зон уже с самого начала дренажа отличалась малой минерализацией и принадлежностью к гидрокарбонатно-кальциевому типу, что свидетельствует о хорошей взаимосвязи глубинной водоносной зоны с верхними горизонтами. Выходам воды такого рода свойственен обычно режим стабильного притока.

Материалы, характеризующие гидрогеологические условия Коробковского месторождения, дают основание считать, что при разработке железистых кварцитов не встретится серьезных препятствий с точки зрения их обводненности. Благоприятным фактором здесь является наличие в геологическом разрезе месторождения маловодопроницаемых юрских отложений и низкие фильтрационные свойства докембрийской кристаллической толщи.

Однако несмотря на большой объем гидрогеологических работ, проведенных на Коробковском месторождении, многие вопросы, касающиеся условий обводненности железистых кварцитов, еще не разрешены. Прежде всего это относится к вопросам трещинной тектоники кристаллического массива, изучение которых должно помочь в выявлении закономерностей распределения трещинных вод в толще железистых кварцитов и других докембрийских пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубянский А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Воронеж, 1948.
2. Савицкий П. Т. Гидрогеологический очерк Курской магнитной аномалии. Гостоптехиздат, 1939.
3. Щеголев Д. И. и Краснопевцев Н. Д. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи района КМА. «Проблемы сов. геологии» 1934, № 10.

И. Н. ПАВЛОВ

ОБЩИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На северо-западе Курской области недавно открыто мощное Михайловское месторождение железных руд, по своим условиям являющееся пока наиболее благоприятным на территории Курской магнитной аномалии для открытых разработок железных руд.

Михайловское месторождение расположено в 8 км к северу от с. Михайловка, являющегося районным центром Курской области, и в 23 км к северо-востоку от г. Дмитриева.

Это месторождение связано с полосой магнитной аномалии общего северо-западного простирания, протягивающейся от Белгорода к Льгову, Михайловке и далее на север. В районе Михайловки магнитные полосы имеют меридиональное простирание.

Первые разведочные работы в районе Михайловки начаты Министерством геологии в 1950 г. После вскрытия в том же году скважиной № 20 богатых руд у с. Остапово приступили к промышленной разведке месторождения этих руд.

К настоящему времени в районе Михайловки пройдено более 200 скважин, вскрывших железные руды на значительной площади. Протяженность Михайловского рудного узла (установленная в настоящее время) составляет 15 км, а ширина 2,5 км.

Район месторождения представляет собой возвышенное степное пространство, прорезанное рядом рек, с абсолютными отметками до 240 м на водоразделах. Глубина эрозионного вреза речных долин составляет 40—50 м.

Рудный узел расположен на водоразделе р. Свапы и ее притока Черни, протекающей в непосредственной близости от разведанной части месторождения (0,5—3 км). У с. Остапово месторождение прорезается долиной р. Речицы, притока Черни. Описываемые реки имеют высокое весеннее половодье, низкую летнюю межень, в засушливые годы расход их резко снижается.

В табл. 1 приводятся единичные расходы рек Свапы, Черни, Речицы, замеренные полевой партией треста «Курскгеология» в 1951 г.

Таблица 1

Название реки	Номер наблюдательного пункта	Расход в м³/час	Дата замера
Свапа . . .	140	1,276	6.VIII 1951 г.
Чернь . . .	139	0,717	6.VIII 1951 „
„ . . .	161	0,350	10.VIII 1951 „
Речица . .	145	0,273	6.VIII 1951 „

Приведенные расходы следует рассматривать как заниженные от средних многолетних, имея в виду малое количество летних осадков в 1951 г.

По многолетним наблюдениям, средний расход р. Свапы у г. Дмитриева составляет 13,5 м³/сек, наименьший летний — 1,71м³/сек, наименьший зимний — 1,97 м³/сек, максимальный расход 820 м³/сек.

Наличие довольно крупных водотоков в непосредственной близости от месторождения является осложняющим фактором. При разработке месторождения потребуются специальные мероприятия по ограждению горных выработок (закрытых и открытых) от поверхностных вод: зарегулирование рек, обвалование и др.

Михайловский район расположен на стыке двух крупных геологических структур — Днепровско-Донецкой впадины и Подмосковной котловины, при этом породы палеозойского возраста, участвующие в их строении, имеют общее северное падение, а породы более молодого возраста, исключая четвертичные образования, падают на юг-юго-запад.

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие два комплекса пород: докембрийский и послесилурийский, резко различные по своему составу. Докембрийские отложения изучены еще очень слабо.

Произведенными работами бесспорно установлено наличие в районе месторождения среднего и нижнего отделов докембрийских образований, которые представлены железистыми кварцитами и кристаллическими сланцами. По геологическим предпосылкам можно предполагать наличие за пределами магнитных полос и верхнего отдела докембрия, представленного сланцами и карбонатными породами.

Породы докембрийского возраста в сильной степени дислоцированы. По разведочным данным угол их падения колеблется от 70 до 90°.

С докембрием связаны два типа руд: бедные руды — кварциты и так называемые богатые руды, представляющие собой, по мнению некоторых исследователей, кору выветривания железистых кварцитов.

Мощность и состав железистых кварцитов на Михайловском узле еще слабо изучены. По аналогии с соседними районами можно предполагать наличие в Михайловке пласта железистых кварцитов мощностью до 100 м с содержанием железа до 30—40%.

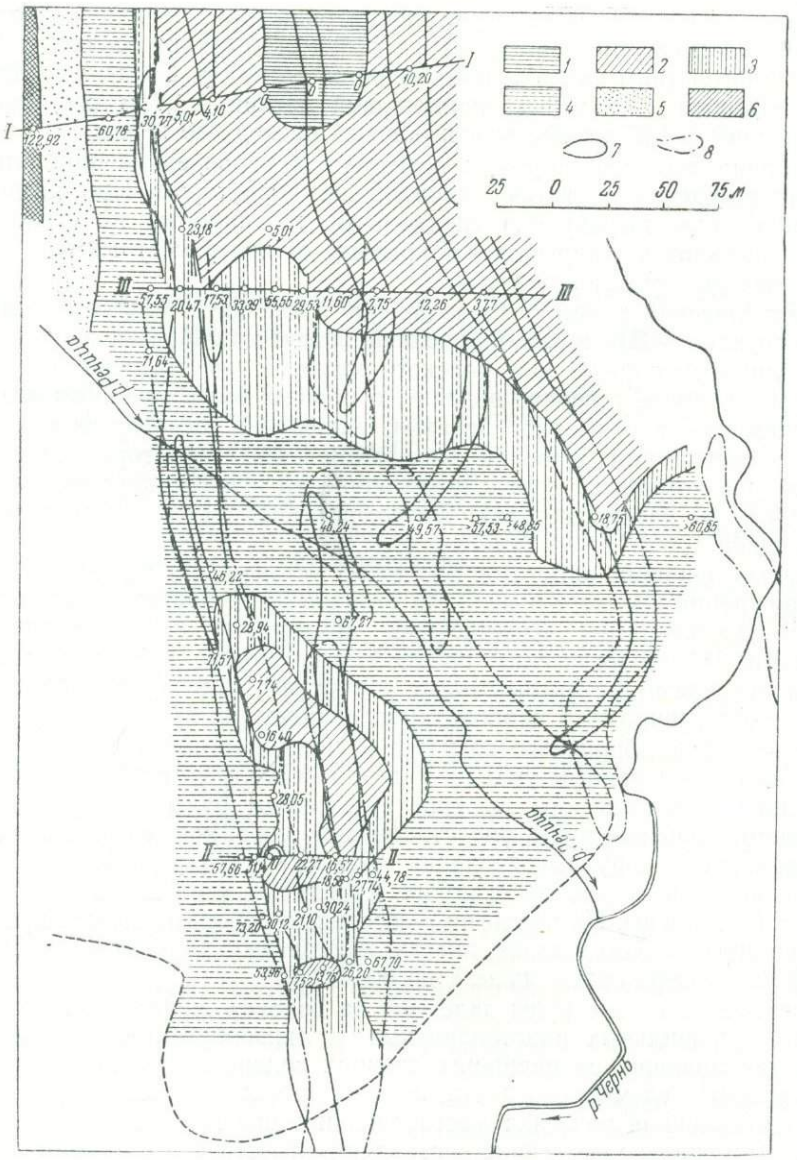
Богатые железные руды залегают на головах железистых кварцитов в виде неправильных пластообразных и линзообразных залежей. Эти руды, как правило, на вершинах древних водоразделов размыты. Мощность рудных тел местами достигает нескольких десятков метров.

Промышленная разведка месторождения еще не закончена, но имеющиеся материалы уже сейчас заставляют отнести его по своим запасам к крупнейшим месторождениям Советского Союза.

Рельеф докембрийского фундамента отличается крайне сильной изрезанностью. Как видно на фиг. 1, 2, 3, 4, меридионально вытянутая полоса железистых кварцитов образует подземный хребет с абсолютными отметками вершин 100—170 м. К западу и востоку от полосы этих кварцитов наблюдается резкое снижение отметок поверхности докембрийских пород. Это объясняется тем, что к западу и востоку от магнитных полос находятся породы (сланцы и гнейсы), более легко поддающиеся размыву, чем железистые кварциты.

Наиболее высокие отметки докембрия наблюдаются на севере месторождения, где одна из разведочных скважин вскрыла кварциты на глубине 25 м от поверхности земли.

Общая установленная амплитуда колебания древнего рельефа в пределах месторождения составляет 130 м.



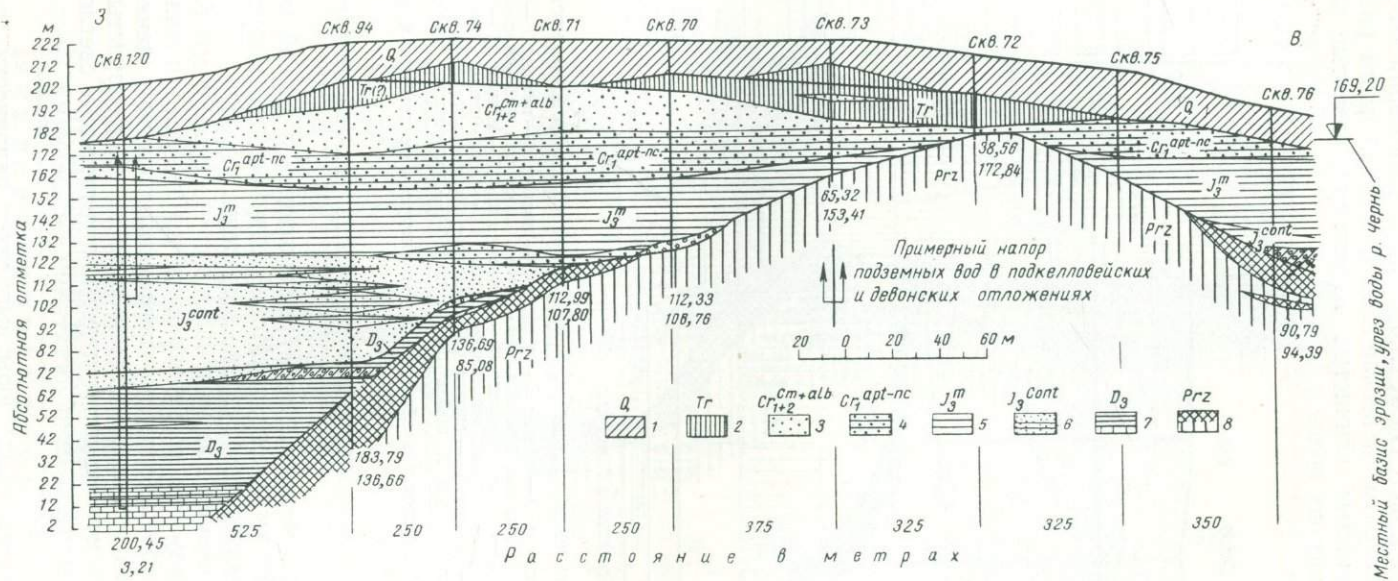
Фиг. 1. Карта мощности подкелловейских песчано-глинистых отложений ($I_3^{cont} + D_3$) Михайловского узла аномалий

1 — участки, где $I_3^{cont} + D_{2+3}$ отсутствуют; 2 — мощность менее 20 м; 3 — то же от 20 до 40 м; 4 — то же от 40 до 80 м; 5 — то же от 80 до 120 м; 6 — то же более 120 м; 7 — контуры магнитных аномалий; 8 — то же предположительно

Докембрийские отложения перекрываются осадочными послесилурийскими образованиями, мощность которых в зависимости от рельефа подстилающих пород изменяется от 25 до 200 м.

Осадочный комплекс включает в себя девонские, юрские, меловые (апт-неоком, сеноман-альб), третичные и четвертичные образования.

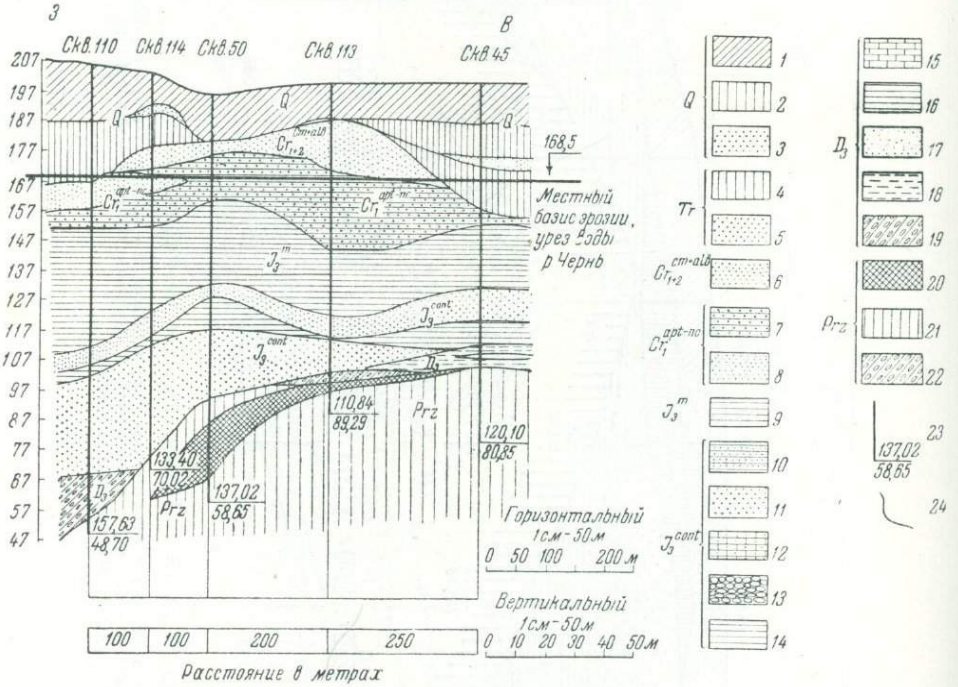
Девонские отложения (D_2) выполняют наиболее пониженные участки докембрийского фундамента. Представлены они пестроцветными глина-



Фиг. 2. Геологический разрез по линии I—I (Михайловское месторождение)

1 — покровные и делювиальные суглинки; 2 — пески и глины с прослойками песчаников; 3 — песок; 4 — преимущественно песчаные глины; реже пески, песчаники; 5 — глины; 6 — пески с прослоями и линзами глин; 7 — известняки, глины; 8 — богатые руды и железистые кварциты

ми с прослоями слабо сцементированных тонкозернистых, мелкозернистых песков, алевритов и песчаников. В нижней части разреза вскрыты серые тонкозернистые глинистые известняки, развитые в основном за пределами магнитных полос.



Фиг. 3. Геологический разрез по линии II—II (Михайловское месторождение)

1 — суглинок; 2 — глина; 3 — песок; 4 — глина; 5 — песок; 6 — песок; 7 — глина песчаная; 8 — песок; 9 — глина жирная плотная; 10 — глина песчаная; 11 — песок; 12 — песчаник; 13 — конгломерат; 14 — глина плотная; 15 — известняки; 16 — глина; 17 — песок; 18 — алеврит; 19 — брекчия; 20 — богатая железная руда; 21 — железистые кварциты; 22 — рудная брекчия; 23 — числитель — глубина скважины; знаменатель — абсолютная отметка подошвы слоя и забоя скважины; 24 — возрастная граница

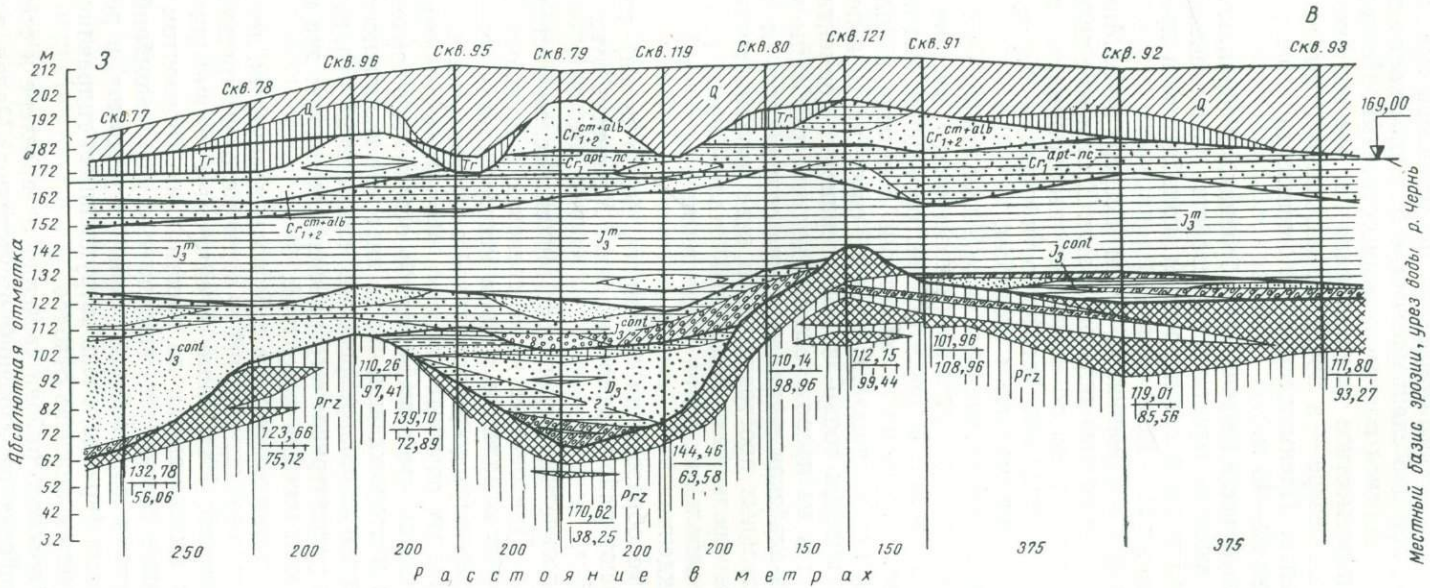
Примечание. Условные обозначения к фигуре 4 те же, что и к фигуре 3.

По окраинам месторождения мощность девона местами достигает 50—100 м.

Михайловское месторождение расположено у южной кромки девонского поля, в 20 км к югу от Михайловки осадки девонского времени разведочными скважинами уже не встречены.

Юрские отложения повсюду залегают ниже местного базиса эрозии. По своему составу они подразделяются на две толщи: нижнюю и верхнюю. Нижняя толща сложена переслаивающимися пачками осадков континентального происхождения: песков от тонкозернистых до крупнозернистых, часто косослоистых и черных углистых и светлосерых песчаных глин с растительными остатками, с редкими прослоями песчаников.

Континентальная толща юры выполняет неровности древнего рельефа, подстилаясь местами девонскими отложениями. Максимальная ее мощность наблюдается по окраинам магнитных полос (50,5—55 м), в направлении же к центральным частям аномалий отмечается постепенное выклинивание нижней толщи. Как видно на фиг. 3 и 4, на вершинах подземного хребта она местами отсутствует.



Фиг. 4. Геологический разрез по линии III—III (Михайловское месторождение)

Верхняя толща юрских отложений представлена морскими келловейскими глинами, нередко сланцеватыми, с большим количеством фауны и вверху с обуглившимися растительными остатками. Келловейские глины имеют почти повсеместное распространение, отсутствуют они лишь в узкой полосе на севере — в пределах повышенных отметок докембрийского фундамента. Преимущественная мощность толщи описываемых глин составляет 20—40 м.

Лабораторные исследования на образцах, отобранных из скважин, указывают на высокие пластические свойства келловейских глин: число пластичности глин келловея в среднем колеблется в пределах 40—45, редко снижаясь до 26—30.

В естественных обнажениях, в 90 км к северу от с. Михайловки, келловейские глины подобного типа оползают. Если такое явление будет наблюдаться в Михайловке, то возникнет необходимость в специальных мероприятиях по приданию устойчивости откосам карьера при разработке месторождения открытым способом.

Апт-неокомские образования в виде выдержанного по мощности горизонта (до 15—20 м) развиты почти повсеместно, залегая нередко выше местного базиса эрозии. В пределах месторождения апт-неоком сложен главным образом грубыми слюдистыми глинами, в сильной степени опесчаненными, переходящими в верхней своей части в пески.

Обнажения аптских тонко- и мелкозернистых сцементированных песков наблюдаются на правом склоне долины р. Свапы у пос. Михайловка. Сеноман-альбская песчаная толща сохранилась от размыва только на водораздельных пространствах в виде изолированных пятен.

Присутствие третичных отложений желто-бурых глин с линзами песков в виде небольших пятен установлено кое-где только в западной части месторождения.

Четвертичные образования (суглинки, редко пески) сплошным плащом перекрывают район месторождения. Мощность этих отложений от 1—2 до 20—25 м.

В гидрогеологическом отношении Михайловское месторождение изучено еще слабо. Приводимые ниже сведения о водоносности отдельных стратиграфических комплексов района месторождения основаны главным образом на материалах по региональной гидрогеологии и, в меньшей степени, на материалах опытных работ на Михайловском участке. На данной стадии разведок чрезвычайно слабо освещены и инженерно-геологические условия месторождения, что не дает нам возможность более полно оценить природные условия разработки как богатых руд, так и кварцитов.

В пределах рассматриваемого района выделяются два крупных водоносных комплекса: нижний и верхний.

Нижний комплекс включает в себя воды докембрия, девонские воды и воды юрских отложений; верхний — воды мезозоя, третичных и четвертичных образований. Названные комплексы в гидравлическом отношении разделены выдержанным по простиранию горизонтом келловейских глин. Исключение составляет участок выступа докембрийского фундамента, где местами келловейские глины отсутствуют, в результате чего создаются условия (правда, очень затрудненные) гидравлической взаимосвязи вод верхнего и нижнего отделов.

Для Михайловского района сведения о характере и степени водоносности докембрийских образований отсутствуют. Малая потеря промывных вод при проходке скважин заставляет предполагать, что в пределах разведанной части железистые кварциты и богатые руды обводнены в незначительной степени, главным образом по трещинам выветривания и редким тектоническим трещинам.

По данным Ф. А. Кулибабы, зона выветривания в кварцитах опускается на 100—150 м ниже кровли докембрийского фундамента.

Водоносность девонских отложений слабо изучалась. Повидимому, за пределами рудной залежи, где присутствуют известняки, водообильность их может быть достаточно высокой.

С юрской континентальной толщей связан довольно широко распространенный в северо-западных районах Курской магнитной аномалии так называемый подкелловейский водоносный горизонт. Ввиду быстрой фациальной изменчивости водовмещающих пород водообильность его колеблется в широких пределах. В Дмитриеве и на ст. Арбузово скважины, вскрывшие континентальные юрские пески, фонтанировали с дебитом 10,5—12,4 л/сек, в Курске воды этих песков эксплуатируются совместно с девонскими водами скважинами городского водопровода; в пос. Михайловка скважина, пройденная на подкелловейские пески, имеет дебит 0,6 л/сек. По материалам Ф. А. Кулибабы, среди юрских континентальных песков преобладают тонкозернистые разности с диаметром фракции менее 0,25 мм — до 90—98%, но встречаются среднезернистые и грубозернистые пески, местами они образуют линзы мощностью 6—10 м. По тем же сведениям, коэффициент фильтрации юрских песков на Михайловском месторождении изменяется от 1,82 до 12,3 м/сутки, а удельный дебит подкелловейского горизонта от 0,27 до 0,79 л/сек.

В подошве подкелловейских отложений отсутствуют выдержанные водоупорные прослои. Поэтому юрские воды, повидимому, гидравлически взаимосвязаны с водами девона, а через посредство их и с водами докембрийских образований.

Основная область питания нижнего водоносного комплекса расположена в 90—100 км северо-восточнее Михайловки — в верховьях Оки, где юрские континентальные отложения, в связи с общим подъемом мезозоя к северу, обнажаются на дневной поверхности.

Сведения о водоносности пород верхнего комплекса крайне ограничены. Среди апт-неокома водоносны тонкозернистые и мелкозернистые пески, слагающие верхнюю часть разреза; в долинах рек они частично сдренированы.

В большой своей части сдренированы и сеноман-альбские пески, залегающие выше местного базиса эрозии. В долине р. Свапы и ее притоков наблюдаются пластовые выходы сеноман-альбских вод. В пос. Михайловка имеется каптированный источник из альбских крупнозернистых песков с дебитом 3—5 л/сек.

По сведениям Ф. А. Кулибабы, в пределах Михайловского месторождения апт-неокомские и сеноман-альбские пески обладают низкими фильтрационными свойствами — коэффициент фильтрации менее 1 м/сутки.

Третичные и четвертичные отложения, представленные на водораздельных пространствах в основном суглинками и глинами, следует считать практически безводными; невысокой водообильностью отличаются и аллювиальные отложения.

По степени трудности для освоения рассматриваемое месторождение можно подразделить на две неровные части. Бóльшая часть, охватывающая примерно три четверти разведанной площади месторождения, отличается неблагоприятными горно-геологическими условиями. Наличие в составе надрудных напластований мощной толщи юрско-девонских водоносных песчано-глинистых пород, залегающих непосредственно на рудном теле, предопределяет сильную обводненность этой части месторождения. Как показала горная практика, участки подобного типа можно разрабатывать только после предварительного осушения кровли, в противном случае неизбежны прорывы плывунов в подземные горные

выработки с гидростатическим напором до 5—20 атмосфер или оплывание откосов карьера при открытой разработке. Следует отметить, что трудность освоения месторождения подобного типа будет связана не с большими притоками, которые сами по себе при современном состоянии техники водоотлива вполне преодолимы, а со сложностью осушения нижней толщи, представленной перемежающимися слоями, главным образом мелкозернистых и тонкозернистые песков и глин, быстро выклинивающихся как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Второй участок охватывает центральную часть месторождения. Он представляет выступ докембрийского кристаллического фундамента размером 1,5×2 км, сложенный кварцитами, местами на склонах выступа встречаются линзообразные залежи богатых руд.

В пределах второго участка мощность надрудного комплекса пород составляет 25—60 м, причем представлен он в основном суглинками и глинами с маломощными линзами водоносных песков, осушение которых не представляет значительных трудностей.

Таким образом, рассматриваемый участок отличается благоприятными условиями для разработки богатых руд и кварцитов.

Следует отметить, что близкое залегание богатых руд и кварцитов от дневной поверхности на втором участке в сильной степени улучшает горно-геологические условия всего рассматриваемого месторождения, и в частности, в значительной мере облегчает производство дренажных работ на месторождении.

Имеющиеся материалы заставляют говорить о необходимости совместной разработки богатых руд и кварцитов, причем по гидрогеологическим условиям разработку месторождения целесообразнее производить открытым способом в две очереди: в первую очередь в пределах докембрийского выступа, во вторую — на остальной части месторождения, характеризующейся глубоким залеганием докембрийских отложений от поверхности земли.

Ниже рекомендуется примерный объем осушительных работ при разработке первого участка открытым способом, вытекающий из его природных условий.

1. Сеноман-альбские пески, расположенные в большинстве своем выше местного базиса эрозии, могут быть осушены в процессе вскрышных работ горизонтальными самотечными дренами. Большие трудности представят апт-неокомские тонкозернистые пески, залегающие ниже местного базиса эрозии. Ввиду низких фильтрационных свойств, апт-неокомские отложения в период строительства целесообразнее осушать в бортах карьера иглофильтровыми установками.

2. При большом разносе откосов карьера первой очереди, возможно, потребуется произвести срезку напоров в подкелловейском водоносном горизонте при помощи дренажных скважин, задаваемых с уступа карьера.

3. Проходка карьера в докембрийских отложениях и добыча кварцитов и богатых руд производятся без предварительного осушения, так как борта карьера, сложенные скальными породами, в этом случае будут устойчивы; трещинные воды, попадающие в карьер, могут быть удалены при помощи обычного карьерного водоотлива.

По аналогии с соседними районами можно ожидать, что богатые руды, представленные рыхлыми разностями, в водонасыщенном состоянии будут оплывать в забоях. Поэтому для облегчения условий работы внутри карьера, в непосредственной близости от угрожаемых участков, в кварцитах проходятся дренажные траншеи, с опережением подошвы рыхлых разностей руд на 5—10 м.

Карьер первой очереди, повидимому, можно пройти до глубины 200—250 м от дневной поверхности без значительных осушительных работ.

Разработки второй очереди, как уже отмечалось, потребуют большего объема осушительных работ: осушения песков мелового возраста, предварительного осушения мощной толщи юрско-девонских песчано-глинистых образований, возможной срезки напоров в девонских известняках. Однако проведение в жизнь перечисленных выше осушительных мероприятий облегчается наличием карьера первой очереди, существование которого будет оказывать большое дренирующее влияние на окружающие породы.

Кроме того, карьер первой очереди или его часть можно использовать как водосборник, а также для осушения юрско-девонских водоносных толщ путем проходки со дна или уступов карьера дренажных штолен и штреков в комбинации со сквозными забивными фильтрами.

Вопрос о возможных величинах водопритоков в горные выработки, ввиду слабой гидрогеологической изученности месторождения, остается пока открытым. По аналогии с месторождениями Старооскольского района можно лишь предполагать, что максимальные притоки, не считая ливневых вод, могут составлять: в карьер первой очереди 600—1000 м³/час, в карьер второй очереди до 2000 м³/час.

На основании всего сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Михайловского месторождения изучены еще слабо. Однако имеющиеся материалы уже на данной стадии разведок позволяют произвести общую оценку гидрогеологических условий разработки богатых руд и железистых кварцитов.

2. Неглубокое залегание докембрийских отложений в центральной части месторождения в значительной степени облегчает производство осушительных работ. Поэтому, несмотря на наличие в окраинных частях рудного узла довольно мощных толщ плывунов в кровле докембрийского фундамента, в целом гидрогеологические условия месторождения можно оценить как относительно благоприятные.

3. По гидрогеологическим условиям разработку месторождения целесообразнее производить открытым способом, с заложением карьера первой очереди в центральной части месторождения в пределах выступа докембрийского фундамента.

4. При промышленной разведке как богатых руд, так и кварцитов необходимо осуществить значительный объем исследований в целях более полной оценки гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождения, при этом особого внимания заслуживают вопросы устойчивости келловейских глин в откосах глубоких карьеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубянский А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Воронеж, 1948.
2. Щеголев Д. И., Краснопевцев Н. И. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи района КМА. Проблемы советской геологии, 1934, № 10.

Ф. В. КУЛИБАБА

О ВЛИЯНИИ РЕЧНОГО ДРЕНАЖА НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Территория Курской магнитной аномалии располагается на северном крыле Украинской мульды. В геологическом строении данной территории принимают участие четвертичные, третичные, меловые и верхнеюрские отложения. На юге этой территории (Новый Оскол, Валуйки) под юрой залегают нижнекаменноугольные породы, а на севере и северо-востоке (Михайловка, Курск, Тим, Старый Оскол) — девонские. Все эти осадки покрывают докембрийский массив Воронежского горста, погружающегося с одной стороны к югу и юго-западу в сторону Украинской мульды, а с другой — к северу и северо-востоку в сторону Подмосковного бассейна. Мощность осадочной толщи в пределах наиболее возвышенной части Воронежского горста, по данным буровых работ, колеблется от 50 до 200 м и зависит от места заложения скважин по отношению к современному рельефу и древнему эрозионному рельефу кристаллического фундамента и аномальным полосам, обычно возвышающимся на несколько десятков метров по сравнению с окружающим их пространством.

Работами треста «Курскгеология» в последние годы выявлен крупный Михайловский узел магнитных аномалий, в центральной части которого, в пределах межречного плато с абсолютными отметками в 200—215 м, железистые кварциты располагаются на глубине 40 м от дневной поверхности и в 25 м от дна оврагов.

Ниже уровня рек вся осадочная толща обводнена. На водоразделах обычно располагаются сухие покровные четвертичные отложения, третичные пески, если в основании их отсутствуют глины, и значительная часть сдренированных мергельно-меловых отложений. В северной части территории КМА (Михайловский, Фатежский, Дмитриевский и другие районы) частично сдренированными бывают и сеноман-альбские пески. Среди всего водоносного комплекса пород особое значение приобретают воды мергельно-меловой толщи, сеноман-альбских песков и верхней трещиноватой зоны докембрийских пород, образующих в пределах описываемой территории три основных водоносных горизонта и именуемых в литературе, соответственно, мергельно-меловым, сеноман-альбским и рудно-кристаллическим. Воды первых двух водоносных горизонтов являются для Курской магнитной аномалии основным источником водоснабжения крупных населенных пунктов, промышленности, колхозов и совхозов.

Воды юрских песчано-глинистых отложений из-за сильно меняющегося литологического состава не имеют большого распространения. Они приурочиваются к прослоям и линзам песков среди глин. Для водоснабжения эти воды используются сравнительно редко.

Воды каменноугольных и девонских отложений большого значения также не имеют. Водами каменноугольных отложений питаются всего две

скважины (Новый Оскол, Валуйки). Девонские воды эксплуатируются несколько интенсивнее. В пределах КМА из них забирают воду свыше десятка скважин (Курск, Старый Оскол и др.) [1].

В общей схеме направление движения подземных вод на территории Курской магнитной аномалии совпадает с направлением погружения отложений в сторону Украинской мульды, т. е. в направлении на юго-запад. Такое направление движения подземных вод значительно резче выражено для более глубоко залегающих водоносных горизонтов. Для подземных вод верхних горизонтов направление движения потоков является смешанным и часто неопределенным, зависящим от направления течения рек и глубины базиса речной эрозии.

Отсутствие в пределах описываемого района выдержанных водоупорных слоев обусловливает прямую или косвенную гидравлическую связь между всеми водоносными горизонтами, залегающими ниже базиса современной речной эрозии. Речной дренаж, непосредственно сказывающийся на водном режиме мергельно-меловых вод, косвенно влияет на водный режим других горизонтов, залегающих ниже базиса речной эрозии, причем с глубиной это влияние уменьшается, и для южных и юго-западных районов КМА с глубиной залегания водоносных горизонтов более 150 м этим влиянием практически можно пренебречь.

Рассмотрим, насколько сильно реагирует на речной дренаж самый нижний и наиболее глубоко залегающий рудно-кристаллический водоносный горизонт. Если он в какой-то мере подвержен влиянию речного дренажа, то залегающие выше водоносные горизонты испытывают еще большее влияние.

На схематической карте направления движения подземных вод (фиг. 1) нанесены скважины, расположенные на водоразделе рек Сейма, Сосны и Оскола, которые имеют наиболее высокие абсолютные отметки пьезометров, доходящих до 173 м над уровнем моря. На запад от этой водораздельной площади в сторону р. Оскол мы наблюдаем резкое снижение напоров. Особенно это хорошо иллюстрируется данными скважин № 32, 1 и 02, по которым проходит линия геологического разреза (фиг. 2). Если у с. Осколец пьезометрический уровень рассматриваемого горизонта находится на абсолютной высоте 172 м, то вниз по течению р. Оскольца, у с. Коробково, расположенном в 10 км к востоку, он понижается до 145 м, а у с. Лебеди, расположенном в 15 км, пьезометры в скважинах устанавливаются уже в среднем на абсолютной отметке 140 м. Естественно, что направление потока руднокристаллического горизонта в данном районе будет совпадать с линией падения напоров с запада на восток, т. е. в противоположную сторону погружения пород на юго-запад.

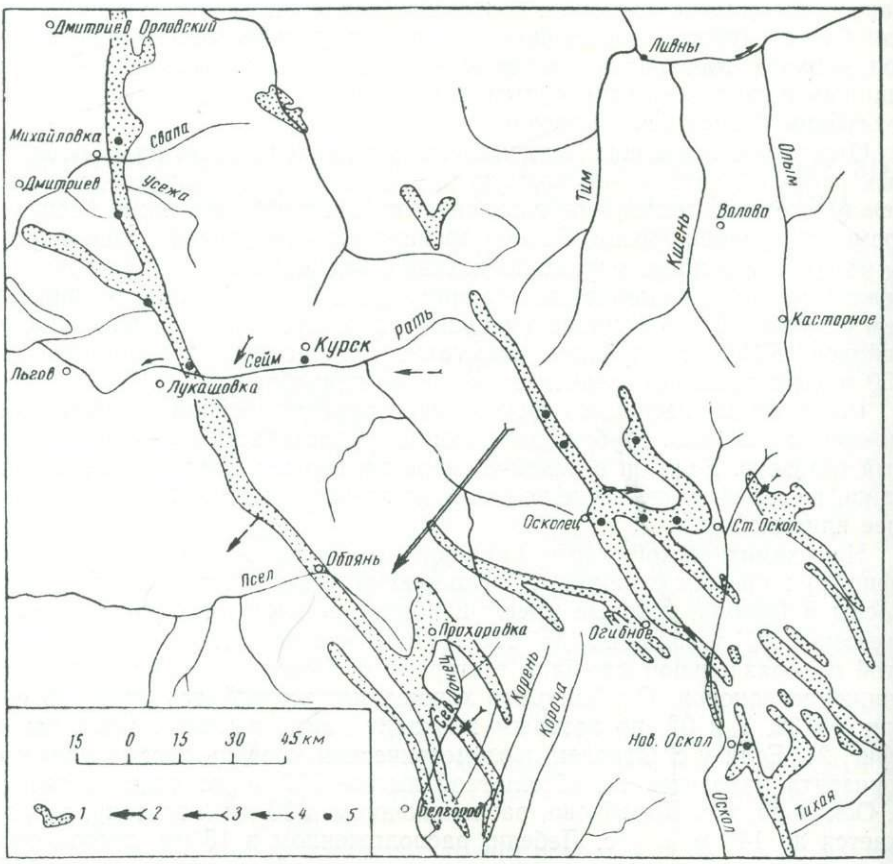
Не менее ощутимое падение напоров рудно-кристаллического водоносного горизонта наблюдается в юго-восточном направлении по линии скважин № 657, 644, 32 и 86 (фиг. 1). Так, если в с. Осколец (скв. № 32) пьезометрический уровень этого горизонта находится на абсолютной отметке 172 м, то в 70 км к юго-западу в районе Нового Оскола (скв. № 86) он снижается до отметки 124 м.

Река Оскол с ее притоками оказывает существенное влияние на режим рудно-кристаллического водоносного горизонта, внося видимые отклонения потоков подземных вод от их основного юго-западного направления.

В центральной части Курской области р. Сейм также активно влияет на режим руднокристаллического горизонта. Правда, здесь не выражено

[1] Подробное геологическое строение и гидрогеологические условия изложены в работах, упомянутых в списке литературы.

резкое падение напоров в сторону мелких рек, какое мы наблюдали в районе р. Осколец. Это объясняется тем, что рудно-кристаллический водоносный горизонт в районе скважин № 3, 5, 20 и 29 отделен от вод меловых отложений и рек плотными высокопластичными юрскими (келловейскими) глинами мощностью до 20—40 м, которые только в редких слу-



Фиг. 1. Схематическая карта направления движения вод рудно-кристаллического водоносного горизонта на территории КМА

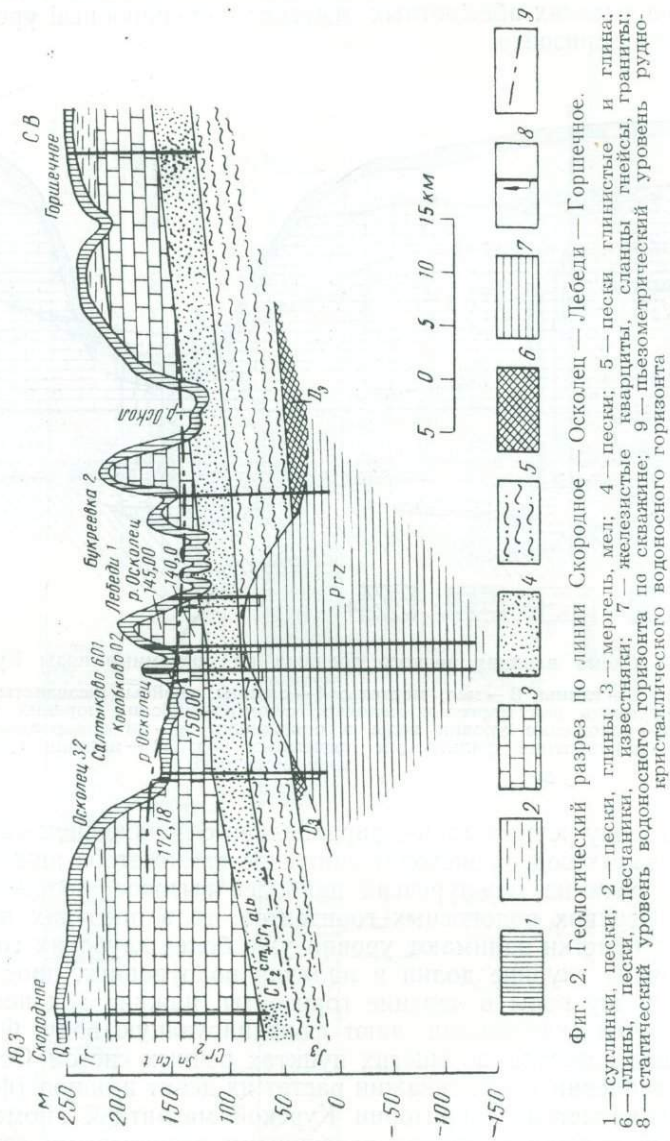
1 — площадь проявления магнитной аномалии; 2 — направление погружения осадочного комплекса пород; 3 — установленное направление движения подземных вод руднокристаллического горизонта; 4 — предполагаемое направление движения подземных вод руднокристаллического горизонта; 5 — опорные скважины

чаях за счет высоких поднятий докембрийских пород уменьшаются в мощности или образуют «окна», через которые возможно сообщение между водоносными горизонтами. Наличие такого крупного водоупора не исключает активного влияния р. Сейм на рудно-кристаллический водоносный горизонт. Это видно из того, что если в скважинах № 3, 20, 29 пьезометрические уровни данного горизонта находятся на абсолютной отметке несколько выше 166 м, то в скважине № 5, расположенной в пойме р. Сейм, он понижается до 157 м. В этом районе между двумя ближайшими скважинами № 3 и 5, расположенными в 20 км друг от друга, падение напоров составляет около 9 м.

Из сказанного можно сделать вывод, что р. Оскол от ее истоков и до г. Новый Оскол на востоке Курской области и р. Сейм в пределах

центральной части этой области своим дренажем более верхних горизонтов осадочной толщи косвенно затрагивают самый глубокий для данного района рудно-кристаллический водоносный горизонт.

В общей схеме наблюдается, что на междуречьях уровни всех водоносных горизонтов находятся значительно выше, чем в пределах долин



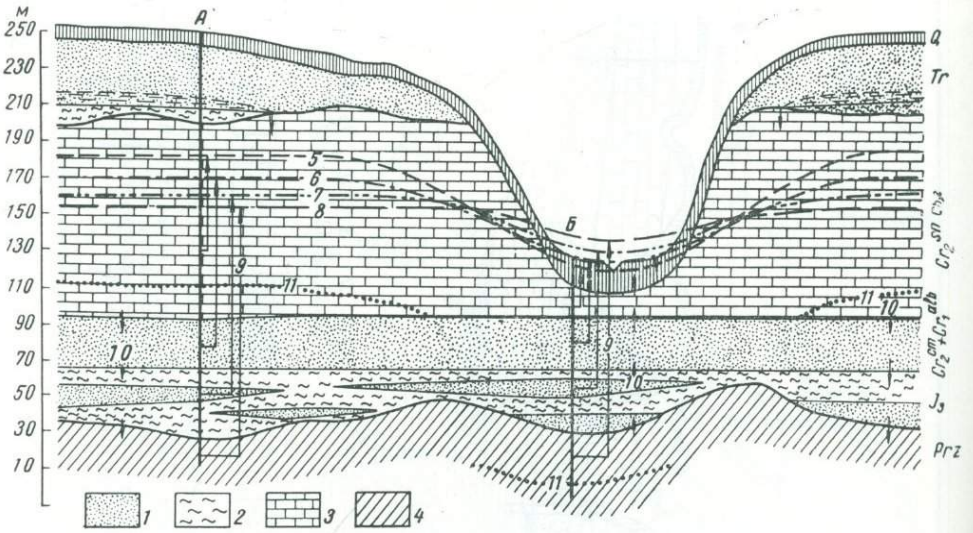
Фиг. 2. Геологический разрез по линии Скородное — Осколец — Лебеди — Горшечное.

1 — суглинки, пески; 2 — пески, глины; 3 — мергель, мел; 4 — пески глинистые и глина; 6 — глины, пески, песчаники, известняки; 7 — железистые кварциты, сланцы гнейсы, граниты; 8 — статический уровень водоносного горизонта по скважине; 9 — пьезометрический уровень рудно-кристаллического водоносного горизонта

крупных рек (фиг. 3), причем на междуречьях верхний водоносный горизонт имеет наиболее высокую абсолютную отметку уровня и, наоборот, самый нижний горизонт имеет, по сравнению с первым, более низкую отметку. Все горизонты, залегающие между верхним и самым нижним, имеют, соответственно, промежуточные высотные отметки уровней. Пробуренная на Курской магнитной аномалии, в районе с. Жигаево, скважина, с абсолютной отметкой устья около 200 м, вскрыла мергельно-меловой горизонт на абсолютной отметке 188 м. Напорный уровень

рудно-кристаллического горизонта в этой скважине восстановился на абсолютной отметке 166 м.

По материалам А. А. Дубянского [1], на территории Курской области имеются десятки скважин, расположенных на междуречьях и берущих воду из мергельно-меловых или сеноман-альбских отложений. Свободный уровень мергельно-мелового горизонта в этих скважинах находится на более высоких абсолютных отметках, чем напорный уровень сеноман-альбского горизонта.



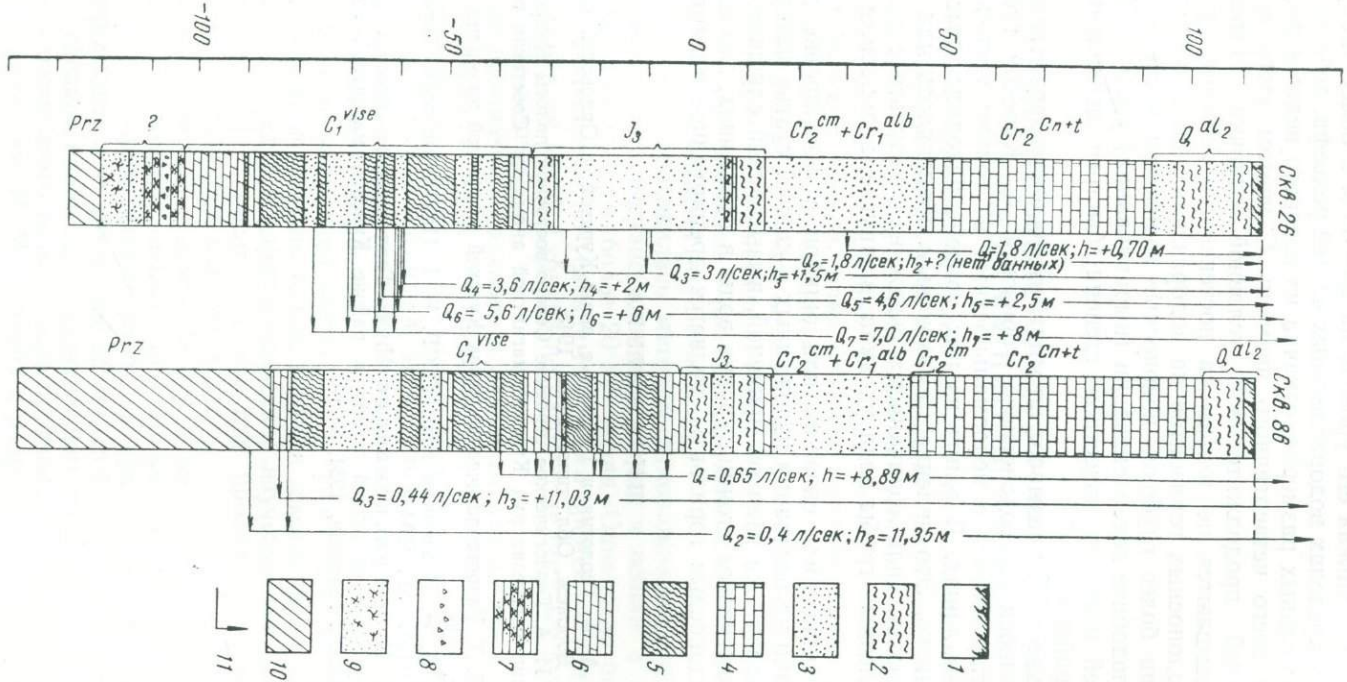
Фиг. 3. Схема влияния речного дренажа на подземные воды Курской области.

1 — пески; 2 — глины; 3 — мел, мергель; 4 — сланцы, гнейсы; железистые кварциты; 5, 6, 7 и 8 — уровень вод мергельно-меловых, сеноман-альбских, юрских и протерозойских пород; 9 — положение уровня воды в скважинах: А — на водоразделе, Б — в долинах рек; 10 — направление фильтрации подземных вод; 11 — нижняя граница водоносной трещиноватости

В сторону речных долин, параллельно с понижением свободного уровня грунтовых вод, происходит снижение пьезометров нижних горизонтов, причем, если на междуречьях наиболее высокое положение занимали уровни верхних водоносных горизонтов, то в пределах долин наиболее высокие отметки занимают уровни уже более глубоких горизонтов. При достаточной глубине долин и наличии водоупорных прослоев, исключающих утечку воды в верхние горизонты, нижние водоносные слои при их вскрытии скважинами дают фонтанирующую воду. Фонтанирующие скважины известны во многих пунктах речных систем Оскола и Сейма. При углублении таких скважин растет их дебит и напор (фиг. 4).

Речная система территории Курской магнитной аномалии вызывает активный водообмен между различными водоносными горизонтами. На междуречьях происходит питание нижних горизонтов верхними за счет вертикальной фильтрации вниз, а в пределах речных долин верхние водоносные горизонты подпитываются за счет нижних. Существующая тесная взаимосвязь между поверхностными и подземными водами подтверждается еще и однотипностью вод в химическом отношении. Так, все они, за исключением редких случаев, являются пресными гидро-карбонатно-кальциевыми водами.

На основании изложенных выше фактов, приходим к выводу, что речная система, затрагивая своим дренажем верхний безнапорный водо-



Фиг. 4. Схема водоносности фонтанирующих слоев по скв. № 26 и 86 в районе хут. Косых Новооскольского района

1 — почвенный слой, торф; 2 — глины; 3 — пески; 4 — мергель, мел; 5 — глины и глинистые сланцы; 6 — известняки; 7 — песчаники; 8 — брекчия; 9 — продукты выветривания гранитов; 10 — железистые кварциты, гнейсы, граниты; 11 — напорные уровни воды в скважинах при самоизливе в л/сек и превышении установившегося напорного уровня воды h выше устья

носный горизонт и понижая его уровень на 20—30 м и более, по сравнению с уровнем в пределах водораздельных частей рельефа, действует как гидрокуст колоссальных размеров, откачка из которого ведется по существу в течение всего четвертичного времени. С учетом этого времени результаты такой продолжительной условной откачки (дренажа) безусловно сказываются не только на постепенном снижении уровней безнапорных водоносных горизонтов на водоразделах, но и затрагивают в области долин более глубокие водоносные горизонты косвенно. Происходит нечто подобное пенепленизации (выравнивания) уровней. Выравнивание уровней идет до известной степени быстрее пенепленизации суши данного района.

А. Н. Семихатов [4] указывает, что при составлении карты гидроизогипс сеноман-альбского водоносного горизонта б. Курской губернии приходилось сталкиваться с ненормальностями в стоянии уровня воды в некоторых скважинах. В одних из них уровень находился высоко, в других более низко. Это явление Семихатовым объяснялось или ошибками в нивелировках или «одичанием» скважин, в результате которого через проржавленные трубы вода уходила в другие водоносные горизонты.

Наличие «одичавших» скважин или ошибок в нивелировке вполне возможно, однако на основании изложенных в данной статье материалов приходим к выводу, что главной причиной, вызывающей слишком высокое или слишком низкое стояние уровня воды в скважинах, заложенных в напорные водоносные горизонты, является дренирующее влияние рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубянский А. А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Тт. I, II и III. Воронеж, Обл. типография, 1948.
2. Русинович И. А. Геологическое строение Северо-восточной полосы Курской магнитной аномалии и генезис руд Курской магнитной аномалии. Советская геология, сб. 28, 1948.
3. Савицкий П. Т. Гидрогеологический очерк Курской магнитной аномалии (КМА). Гостоптехиздат, 1939.
4. Семихатов А. Н. Подземные воды СССР. Ч. I. Подземные воды Европейской части СССР. ОНТИ, М., 1934.
5. Щеголев Д. И. и Краснопевцев Н. Д. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи в районе Курской магнитной аномалии. Проблемы советской геологии, 1934, № 10.

М. А. ПОКРОВСКИЙ

ОСВОЕНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Курская магнитная аномалия всегда привлекала внимание Советского правительства в связи с огромными запасами сосредоточенного в ней железа и весьма благоприятным географическим положением железорудных месторождений, расположенных в центре Европейской части Советского Союза, близ основных машиностроительных районов страны и донецких коксующихся углей.

Промышленное освоение железорудных месторождений Курской магнитной аномалии было намечено еще в 1931 г., когда на Коробковском участке была заложена разведочно-эксплуатационная шахта № 1 с целью добычи богатых мартитовых руд.

Шахта № 1 проходилась методом замораживания обводненных несцементированных, песчано-глинистых пород и вошла в богатую руду 27 апреля 1933 г., т. е. более 20 лет назад. Однако до октября 1941 г., т. е. до прекращения по условиям военного времени строительства опытного рудника им И. М. Губкина по разработке богатых руд, добыча этих руд не была начата.

Такое положение создалось в основном вследствие сложности и совершенно недостаточной изученности горнотехнических и в первую очередь гидрогеологических и инженерно-геологических условий разработки богатых руд Курской магнитной аномалии, залегающих под 50-метровой толщей обводненных несцементированных песчано-глинистых пород юрского и мелового возрастов.

Ко времени заложения шахты № 1 геологоразведочные работы по Коробковскому участку не только не были закончены, но находились еще в начальной стадии. Гидрогеологическое изучение месторождений КМА началось в 1933 г., после того как при проходке ствола шахты были встречены неожиданные притоки воды.

Прорыв плывунов в шахте № 1 в июне 1936 г., а также данные по гидрогеологии месторождений, полученные при разведках и при производстве горнопроходческих работ на руднике им. И. М. Губкина, не анализировались и из них в свое время, до составления проектов рудника, не было сделано правильных практических выводов.

В результате этого только после производства основных работ по подготовке рудника им. И. М. Губкина к разработке богатых руд месторождения выяснилась неосуществимость добычи руд при рекомендованной геологами и гидрогеологами и принятой в проекте системе отработки без осушения пород кровли.

С разрешения Правительства, опытно-экспериментальный рудник им. И. М. Губкина был использован для опытной разработки железистых кварцитов, в которых находится основная масса железа Курской магнитной аномалии.

Промышленное освоение месторождений КМА в довоенный период (1931—1941 гг.) шло следующим путем.

Закладка разведочно-эксплуатационной шахты № 1 и строительство рудника им И. М. Губкина для добычи богатых сидерито-мартитовых руд производились в 1931—1936 гг. под постоянным контролем Наблюдательного совета по КМА при СТО СССР.

В докладе Наблюдательного совета по КМА Совету Труда и Обороны СССР гидрогеологические условия месторождения богатых руд КМА оценивались как вполне благоприятные.

Такого же взгляда придерживалось в 1933 г. руководство КМАстроя. Оценивая максимальный приток в поле шахты № 1, при разработке богатых руд с оставлением 5-метрового потолочного рудного целика, максимально в 425 м³ в час, КМАстрой отмечал, что шахты Донбасса справляются с такой водообильностью при большей глубине.

Несмотря на такой оптимистический прогноз, КМАстрой настаивал на быстрейшем выполнении гидрогеологических исследований на месторождении, которые к этому времени заканчивались геологическим трестом КМА.

В 1935 г. по проекту института Ленгипроруда были выполнены подготовительные работы к закладке шахты № 2 на руднике им. И. М. Губкина для отработки запасов богатых руд Коробковского и Салтыковского участков и осуществлена проходка ствола этой шахты на глубину 5 м. Однако работы были приостановлены и в дальнейшем прекращены из-за прорыва плывунов на шахте № 1.

Вследствие прорыва плывунов в июне 1936 г. в квершлаг, проведенный из шахты № 1 на глубине 145 м на сбойку с шахтой № 2 Салтыковской, находившейся в проходке, рудник был затоплен. К сентябрю того же 1936 г. авария была ликвидирована.

Наблюдательный совет по КМА при СТО СССР доложил Правительству в декабре 1936 г. о том, что указанная авария на шахте № 1 возникла в результате недоразведанности месторождения за границами рудного тела, а также из-за недостаточной бдительности и осторожности технического руководства шахты, и в связи с тем, что забой штрека вплотную подошел к берегу древнего русла, недостаточно изученного и оконтуренного в процессе разведочных работ.

Отмечалось также, что характер аварии и ее условия являются едва ли не единственными в мировой практике, что происшедшую аварию нельзя связывать с какими-либо особенностями КМА в части гидрогеологии, что техническая возможность эксплуатации богатых железных руд Коробковского участка КМА остается вне всяких сомнений. Рекомендовалось приступить к проходке второй шахты вблизи от шахты № 1 в случае прегражденния доступа от шахты № 1 к шахте № 2 Салтыковская.

Со времени ликвидации прорыва плывунов, т. е. с сентября 1936 г. до мая 1939 г., шахта № 1 рудника им. И. М. Губкина стояла на сухой консервации.

Возобновление работ по практическому освоению КМА началось в 1939 г. по решению XVIII съезда ВКП(б).

Новый технический проект опытно-экспериментального рудника им. И. М. Губкина был разработан на основе решений ВКЗ, вынесенчых при утверждении запасов богатых руд Коробковского месторождения в сентябре 1937 г.

Центральная комиссия по запасам сочла гидрогеологические условия Коробковского месторождения изученными вполне достаточно и отметила, что по гидрогеологическим условиям при разработке не исключена

возможность необходимости оставления в кровле 5-метрового целика докембрийских пород или руды.

Осушение пород надрудной толщи не признавалось необходимым и при оставлении 5-метрового потолочного рудного целика рекомендовалось предусмотреть водоотлив на возможный приток до 1000 м³.

Проект опытного рудника им. И. М. Губкина по разработке богатых руд, утвержденный в 1939 г., предусматривал производство очистных работ по выемке руд с предварительным осушением только рудной толщи, без осушения всех лежащих выше обводненных пород — песков и мела мощностью более 50 м. Такое проектное решение основывалось на том, что слой юрской глины мощностью 18 м, залегающий в кровле рудного пласта, рассматривался как водоупор для вышележащих обводненных пород. Выработка руды должна была производиться камерами с закладкой выработанного пространства и с оставлением 5-метровых потолочных рудных предохранительных целиков; при этом выемка руды должна была составить 43% от геологических запасов, или 3,2 млн. т добытой руды, а остальная руда в количестве 4,2 млн. т оставлялась в целиках.

Великая Отечественная война приостановила строительство опытно-экспериментального рудника им. И. М. Губкина. К моменту консервации рудника по условиям военного времени (октябрь 1941 г.) в строительство было вложено 46,6 млн. руб. Были осуществлены следующие работы: пройдена замораживанием шахта № 2, которая сбита на глубине 145 м (по горизонту +35 м) с шахтой № 1, пройдены горные выработки по горизонтам +72 м, +60 м, +51 м и +35 м в количестве 6450 погонных метров, построены насосные камеры при шахтах № 1 и 2, оборудованы подъемы шахт, построено поверхностное хозяйство и рабочий поселок.

Горно-капитальными и горно-подготовительными работами рудника им. И. М. Губкина, произведенными в 1939—1941 гг., было установлено, что гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения были изучены и учтены в проекте рудника недостаточно. Проходка выработок в железистых кварцитах, подстилающих богатую руду, показала следующее:

1) в зоне кварцитов имеют место прорывы воды и плывунных пород, которые приходилось изолировать глухими перемычками; при проходке дренажных ортов и штреков, осуществленной с большим риском, было три случая прорыва плывунов;

2) приток воды в шахту достиг 300 м³/час, хотя богатая руда еще не была вскрыта и система забивных фильтров для осушения руды не была устроена;

3) имеются места непосредственного соприкосновения богатой руды с сеноман-альбскими обводненными песками, в связи с чем пришлось переоценить роль юрских глин, которые теперь не могут рассматриваться как надежный водоупор;

4) в условиях частичного дренажа шахтного поля в рудном пласте сохранялся напор воды 4,5—5,6 атм.

Богатые руды, на 62% представленные рыхлыми разностями и поэтому плывунные в водонасыщенном состоянии, горными работами не были затронуты, что предохранило рудник от катастрофических прорывов.

Временная оккупация немецкими захватчиками района деятельности КМАстроя приостановила промышленное освоение Коробковского месторождения. Оценка данных, полученных в ходе строительства опытно-экспериментального рудника им. И. М. Губкина, и разработка направления дальнейших работ по КМА были сделаны в послевоенные годы с привлечением широкого круга специалистов.

Параллельно со строительством опытного рудника им. И. М. Губкина на Коробковском месторождении богатых руд были начаты проектные работы по освоению Лебединского месторождения, являющегося крупнейшим по запасу богатых руд на КМА (около 160 млн. т запасов сидерито-мартитовых руд).

В связи с выявившимися в первые годы освоения КМА сложными горнотехническими условиями разработки месторождения богатых руд Старооскольского района, в 1936 г., для составления проекта разработки Лебединского участка открытым способом, Центральному научно-исследовательскому геологоразведочному институту (ЦНИГРИ) и геологическому тресту КМА было поручено произвести расчет притока воды в предполагаемый карьер и представить соображения об углах откоса в различных породах, вскрываемых карьером.

Данный этими учреждениями неблагоприятный прогноз огромных и практически непреодолимых притоков (до 340 тыс. м^3 в час), а также предсказание неустойчивости бортов будущего карьера и вероятности катастрофических их оползаний на несколько лет затормозили промышленное освоение крупнейшего Лебединского месторождения богатых руд Курской магнитной аномалии.

В 1939 г. заключение ЦНИГРИ было подвергнуто экспертизе и опровергнуто специалистами института ВСЕГИНГЕО, после чего были проведены дополнительные опытные гидрогеологические работы на Лебединском месторождении и дан прогноз о притоке в будущий карьер около 5000 м^3 воды в час.

Одновременно со строительством опытного рудника им. И. М. Губкина в 1940—1941 гг. были выполнены проектные задания по осушению и разработке Лебединского месторождения богатых руд КМА, которые до начала Великой Отечественной войны не были утверждены.

НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ ОСВОЕНИЮ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В 1945 г., в связи с восстановлением промышленности, встал вопрос о способах и очередности разработки месторождений Курской магнитной аномалии. В Совете научно-технической экспертизы Госплана СССР была создана экспертная комиссия, которой приказом по Госплану от 4 мая 1945 г. было поручено рассмотреть материалы о способе и первоочередности разработки месторождений Курской магнитной аномалии.

Экспертная комиссия под председательством члена Совета научно-технической экспертизы Госплана СССР академика Л. Д. Шевякова, в составе академиков С. Г. Струмилина, А. М. Терпигорева, члена-корр. АН СССР М. И. Агошкова и других, пришла к выводам, что запроектированная система разработки неосуществима по следующим двум основным причинам.

1. Руда настолько слаба, что может произойти сдвижение покрывающих пород, возникновение в них трещиноватости и проникновение в рудник воды из покрывающих пород.

2. Юрские породы не могут рассматриваться как водоупоры по причинам, изложенным выше.

В тех местах, где юрские породы имеют малую мощность или вообще отсутствуют, альбские пески, насыщенные водой, будут залегать непосредственно на рудном теле, как это частично обнаружено на Коробковском месторождении, с чем неизбежно связаны прорывы воды.

Поэтому запроектированный способ подземных работ не обеспечивает горные выработки от затопления и не гарантирует безопасности людей и производства. По мнению экспертной комиссии, была бы не исключена возможность затопления и длительной остановки рудника в целом и массовых человеческих жертв.

Члены экспертной комиссии высказали мнение, что запроектированная подземная разработка Сретенско-Лебединского месторождения без предварительного осушения водоносных горизонтов над месторождением неприемлема технически и нецелесообразна экономически.

Министерство черной металлургии, получив заключение упомянутой экспертной комиссии, установило невозможность вести разработку богатых руд рудника им. И. М. Губкина по техническому проекту 1939 г., т. е. без осушения надрудных водоносных горизонтов, и приняло решение о вовлечении в эксплуатацию железистых кварцитов Курской магнитной аномалии.

В 1947—1948 гг. институтом Южгипроруда выполнено комплексное проектное задание разработки железных руд и железистых кварцитов (включая и обогащение последних) рудника им. И. М. Губкина. Одновременно специализированной конторой Военморфундаментпроект разработано проектное задание осушения восточной залежи богатых железных руд.

Проектное задание осушения рудника им. И. М. Губкина было рассмотрено в 1948 г. институтом Южгипроруда и КМАстроем.

Южгипрорудой отмечено, что при условии выполнения мероприятий, предложенных проектной конторой, над горными выработками все же остаются водоносные породы (мощностью в среднем 20—25 м) с юрскими плывунами, т. е. опасность затопления горных выработок не устраняется. Поэтому Южгипроруда рекомендовала от принятия проектного задания, составленного конторой Военморфундаментстрой, воздержаться.

КМАстроем были подтверждены положения, принятые Южгипрорудой при оценке проекта осушения рудника им. И. М. Губкина. В связи с тем, что ко времени рассмотрения Министерством черной металлургии в 1949 г. комплексного проектного задания разработки железных руд и железистых кварцитов рудника им. И. М. Губкина, составленного Южгипрорудой, не были найдены способы, экономичные и гарантирующие осушение всех надрудных водоносных горизонтов в целях безопасной разработки богатых руд, Министерство не могло организовать разработку богатых руд Коробковского месторождения.

На основе положительных результатов проведенных опытов обогащения железистых кварцитов Коробковского месторождения Министерство утвердило проект опытного рудника с обогатительной и агломерационной фабриками для разработки и обогащения железистых кварцитов этого месторождения производительностью 500 тыс. т по сырой руде в год.

Министерство черной металлургии ходатайствовало перед Советом Министров СССР в марте 1949 г.:

1) о разрешении использования восстановленных стволов шахт № 1 и 2 Губкинского рудника для разработки железистых кварцитов Коробковского месторождения и организации обогащения их и агломерации;

2) об усилении Министерством геологии и охраны недр поисковых и геологоразведочных работ по Курской магнитной аномалии и обеспечении в 1949 г. выявления новых участков распространения богатых руд и железистых кварцитов, залегающих в более благоприятных для эксплуатации гидрогеологических условиях, чем на Коробковском участке;

3) о поручении Академии наук СССР с привлечением специализированных организаций изучения вопроса о возможности и способах осуше-

ния обводненных надрудных толщ месторождений Курской магнитной аномалии с предложением методов осушения месторождений КМА.

В связи с вопросами, поставленными Министерством черной металлургии, Госпланом СССР в апреле 1949 г. была создана экспертная комиссия Совета и технико-экономической экспертизы по вопросу об освоении железорудных месторождений КМА в составе: академиков А. А. Скочинского (председатель), И. П. Бардина, А. М. Терпигорева, члена-корр. И. Н. Плаксина и др.

Экспертная комиссия пришла к следующим основным выводам.

1. Разработка богатых руд КМА должна производиться с обязательным осушением как рудной, так и надрудной толщи.

2. Проект разработки кварцитов на Губкинском руднике может быть рекомендован к утверждению лишь как проект первой очереди значительно более крупного рудника, который должен быть немедленно запроектирован. Кварциты как по условиям добычи, так и по условиям обогащения представляют собой надежную базу для широкого строительства мощных горных предприятий.

3. Целесообразно поручить Академии наук СССР, с привлечением специализированных организаций, изучение вопроса о способах осушения обводненных надрудных толщ месторождений КМА.

Постановлением Совета Министров от 19 января 1951 г. определены основные задачи и направление развития КМА. Предусматривалось строительство рудников и обогатительно-агломерационных фабрик со следующей производительностью: опытного рудника им. И. М. Губкина — на 500 тыс. т по кварцитам или 250 тыс. т по агломерату; Южно-Коробковского и Северо-Коробковского рудников — на 1 млн. т по агломерату каждый; Лебединского рудника богатых руд — на 2,5—3,0 млн. т в год.

Правительство обязало Министерство геологии и охраны недр осуществить разведки в 1952—1954 гг. на Салтыковском, Стойленском и Оскольецком участках с утверждением в ВКЗ запасов, обеспечивающих проектирование рудников для добычи железистых кварцитов.

Выполнение этих работ потребует больших капиталовложений, оцененных Министерством более 2 млрд. руб., в то время как за весь период работ по освоению КМА произведены капиталовложения: до войны — 46,6 млн. руб., за 1945—1950 гг.— 88,6 млн. руб., за 1951—1952 гг.— 103,6 млн. руб., т. е. в общей сумме 238,8 млн. руб.

Разработанным Министерством проектом пятилетнего плана на 1951—1955 гг. предусмотрены капиталовложения по КМА в сумме около 800 млн. руб. За этот период должны быть введены в эксплуатацию, кроме опытного рудника, вступившего в строй действующих предприятий,— Южно-Коробковский рудник с обогатительными и агломерационными фабриками, а также развернуто строительство Северного и Лебединского рудников.

Составлено проектное задание по Лебединскому руднику богатых руд, предусматривающее различные способы осушения месторождения и варианты производства вскрыши способом гидромеханизации с попутным осушением и способом экскавации с опережающим осушением.

Постановлением от 19 января 1951 г. «Об освоении железорудных месторождений Курской магнитной аномалии» Совет Министров СССР обязал промышленные министерства построить и ввести в действие рудники по разработке богатых руд, добыче, обогащению и агломерации железистых кварцитов, а геологические организации, исследовательские и проектные институты и Академию наук СССР — разрешить ряд проблем и тем по КМА.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОПЫТНОГО РУДНИКА им. И. М. ГУБКИНА И ДАЛЬНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В состав собственно опытного рудника им. И. М. Губкина входят:

1) шахты № 1 и 2, соединенные между собой горными выработками на трех горизонтах (+35, —71, —125 м);

2) поверхностные здания и сооружения.

Ствол шахты № 1 (диаметр 4 м), оборудованный двухклетьевым подъемом, пройден на глубину 310 м и закреплен в наносах кирпичом, в плывунах (на протяжении 56 м) крепление бетонное: в железном кожухе и внутри него — тюбингами с заливкой затюбингового пространства цементным раствором, по руде и кварцитам крепь бетонная. Плывуны пройдены способом замораживания.

Ствол шахты № 2 (с глубины 50 м диаметр равен 3 м) почти с поверхности закреплен тюбингами, по кварцитам — бетоном, оборудован двумя трехтонными скипами.

Вентиляция рудника осуществляется через шахту № 2 подъемную и шахту № 1 вентиляционную двумя осевыми вентиляторами диаметром 1,8 м. Водоотлив состоит из трех насосных камер (горизонт +35 м), у ствола шахты № 1 — из пяти насосов по 300 м³/час (горизонт +35 м), у ствола шахты № 2 — из четырех насосов по 300 м³/час (горизонт —125 м), у шахты № 2 — из трех насосов по 300 м³/час.

Суммарная установленная производительность насосов — 3600 м³/час. Фактический приток воды в шахтах составляет около 400 м³/час.

Рудник закладывался с расчетом добычи богатых руд. Согласно проектным расчетам при принятой в проекте 1949 г. камерно-столбовой системе разработки с гидравлической прокладкой, при ширине камер 6 м, ширине продольных целиков 6 м, ширине поперечных целиков 4 м, толщине потолочины 9 м и минимальной мощности отрабатываемой части пласта 10 м, эксплуатационные запасы богатых руд по Восточной залежи составляют только около 25% от общих геологических запасов залежи.

Оставление 75% запасов богатых руд в недрах происходит в основном вследствие принятой системы разработок в чрезвычайно сложных гидрогеологических условиях. Практически величина потерь руды будет выше 75% (до 80—85%) ввиду того, что:

1) при толщине оставляемой потолочины 9 м минимальная мощность отрабатываемого пласта должна составлять не 10 м, как принято в проекте, а не менее 12 м, так как в противном случае высота камеры будет 10—9=1 м, что явно нецелесообразно;

2) количество потерянной руды в потолочине будет больше установленного расчетом, вследствие неровностей контура кровли залежи и оставления потолочины на отдельных участках толщиной более 9 м;

3) больше проектных будут истинные потери руды в неровностях подошвы залежи.

Принимая во внимание, наряду с этим, что обводненность толщи сеноман-альбских песков, ненадежность прослоя юрских песчано-глинистых пород как водоупора, их плывунный характер, наличие водопроводящих трещин в толще богатых руд, сильная обводненность, небольшие запасы и их недостаточная устойчивость угрожают при разработке катастрофическими прорывами в рудник воды и плывунов, комиссия, принимавшая рудник, сочла правильным решение о прекращении на опытном руднике работ по выемке богатых руд и о переходе на разработку железистых кварцитов с оставлением под горизонтом +35 м потолочной толщи кварцитов мощностью 100 м.

Для очистной выемки кварцитов принята и осуществлена система открытых камер с отбойкой глубокими вертикальными скважинами с высотой этажа 60 м, предложенная, разработанная и внедренная коллективом Высокогорского рудника на Урале.

Приняты следующие параметры системы разработки: ширина камеры 20 м, длина 35 м, ширина междукамерных целиков 15 м, высота уступа в камерах со скреперной уборкой 44 м, с горизонтом грохочения 40 м.

Бурение глубоких скважин производится станками вращательного бурения ВЖР чугунной дробью.

В состав обогатительного цикла входят: обогатительная фабрика, агломерационная и строящаяся флотационная фабрика.

Проектом принято, что при обогащении магнетитовых железистых кварцитов КМА в количестве 500 тыс. т в год (77,5 т/час) со средним содержанием железа 32,95% и влаги 3% будут получены следующие продукты.

1. Концентрат с содержанием железа 60% при выходе его 44%, или 213,4 тыс. т в год по сухому весу.

2. Хвосты (отбросы) с содержанием железа 11,8% при выходе их 56%, или 271,6 тыс. т по сухому весу, и потерях в них железа 20%.

Полученный на обогатительной фабрике концентрат должен спекаться на агломерационной фабрике с присадкой известняка, коксика и возврата.

Состав шихты в год по сухому весу для агломерации принят следующий.

	Количество в т	Процент
Концентрат	213400	46,4
Известняк	48800	10,6
Коксик	27600	6,0
Возврат	115000	25,0

Требующееся количество воды для этой шихты равно 55 200 м³ или 12%.

В результате спекания железистого концентрата на агломерационной фабрике должен получаться агломерат с содержанием железа 52,70%. Выход агломерата с учетом потерь на химические реакции и пылеобразование составит 52,8%, или 242,9 тыс. т в год.

Полученный агломерат благодаря присадке известняка будет иметь модуль основности шлакующих элементов, близкий к единице, при содержании окиси кальция и магния 12,86% и такое же количество кремнезема и окиси алюминия.

Химический состав агломерата и исходной руды в % характеризуется данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Рудные составляющие	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Mn	S	P_2O_5
Исходная руда . .	32,95	11,55	44,29	3,89	0,08	2,26	2,10	0,22	0,07	0,11
Агломерат . . .	52,7	—	11,8	1,06	0,07	11,1	1,76	0,05	0,02	0,08

Перед выдачей кварцитов из шахты на поверхность они под землей подвергаются дроблению до 0—160 мм, затем на поверхности до 0—20 мм (по проекту 0—12 мм). Издробленная руда до 0—20 мм измельчается в шаровых мельницах в две стадии: первая — до 0,3 мм, вторая — до 0—0,1 мм. Измельченная руда до 0—3 мм подвергается мокрой сепара-

ции с выделением хвостов и промпродукта, который додрабливается до 0—0,1 мм и вновь сепарируется с получением концентрата, промпродукта, идущего в замкнутый цикл, и хвостов. Концентрат на барабанных вакуум-фильтрах обезвреживается и в виде кека с 10%-ным содержанием влаги поступает на агломерацию. Перед агломерацией кек смешивается с горячим возвратом, здесь поглощается температура возврата и влаги кека, затем с известняком, коксиком агломерируется на агломерационной ленте площадью 50 м² УЗТМ.

За период работы рудника с 22 октября 1952 г. по апрель 1953 г. включительно получены результаты, сведенные в табл. 2.

Таблица 2

Выполнение	Добыто кварцита в тыс. т	Выход концентрата в %	Получено концентрата в тыс. т	Извлечение в %	Получено агломерата в тыс. т	Содержание железа в %			
						кварциты	концентрат	агломерат	хвосты
Фактическое . .	82,2	47,7	36,7	79,0	40,3	32,6	57,8	52,7	12,9
По проекту . . .	—	44,0	—	80,0	—	32,95	60,0	52,7	11,8

Практика работы фабрики показала, что принятая технологическая схема вполне себя оправдала, производительность механизмов во всех случаях превысила проектную, содержание железа в концентрате было доведено до 65%, агломерат получился офлюсованный и в то же время прочный, барабанная проба не превысила 20%, а содержание мелочи крупностью 3—0 мм в агломерате составило 12%. Производительность лент в отдельных сменах, когда достаточно концентрата, достигала 50 т в час, т. е. превысила проектную на 14 т в час.

Значительно отстает производительность шахт. При сравнении максимально достигнутой, равной 27 тыс. т кварцита, с проектной — 42 тыс. т в месяц, или 500 тыс. т в год, установлено, что фактическая добыча составляет 64% проектной.

Ближайшей задачей освоения Курской магнитной аномалии является увеличение производительности рудника по добыче кварцитов и в первую очередь производительности бурения.

Средняя производительность станков ВЖР колеблется в пределах 0,95—1,08 погонных метров в смену, что составляет около 40 т руды (кварцита) с погонного метра бурения или за смену. Этого совершенно недостаточно.

Необходимо усовершенствовать конструкцию бурового станка, увеличить чистое время бурения до 0,8, провести опытные работы по шарошечному бурению, сконструировать и изготовить новый тип станка вращательного бурения.

Второй не менее важной задачей является совершенствование систем разработок, наличие слоистости кварцитов в вертикальной плоскости, а также отслаивания после взрывов требуют расположения скважины для отбойки руды горизонтально.

С одной стороны, это более эффективно, с другой — более безопасно. Выпуск руды из дучек, не превышающий в настоящее время 400 т в сутки, транспортировка (скреперы, люки, транспортеры с каретными питателями), а также параметры буро-взрывных работ должны быть улучшены.

Особое место в освоении Курской магнитной аномалии должны занять вопросы борьбы с силикозом.

Применяемые современные способы пылеулавливания в проходческих работах при помощи нормализованного бурения с водой недостаточны. Требуется более решительное применение молотков с пылеотсасыванием по принципу эжекции, когда вода поступает не в шпур, а, проходя по трубе через форсунку, создает в известной части трубы вакуум, благодаря которому пыль из шпура через отверстие в буре и трубку в молотке, через шланг поступает в магистральную трубу с водой, а затем в помойницу шахтного водоотлива.

Вследствие смешения трех сред (вода, воздух, пыль) в быстром потоке, видимо, создается статическое электричество, способствующее хорошему смачиванию дисперсной пыли. Последнее обстоятельство важно, если «запыленная» вода сбрасывается из трубы в водоотливную канавку выработки.

Опытные образцы молотков для горизонтального и вертикального бурения, работающие по указанному принципу, показали хорошие результаты на шахте им. Орджоникидзе в Кривом Роге.

Необходимо быстро внедрить в промышленность указанный принцип пылеулавливания.

Совершенно не решена проблема отработки последующих этажей железистых кварцитов.

Не исключается возможность в будущем разработки богатых руд, лежащих над оставленным 100-метровым целиком кварцитов. Здесь детально должны быть проработаны вопросы дренажа сеноман-альбских песков.

Насущной задачей в освоении КМА является вовлечение в эксплуатацию богатых руд открытым способом. Наиболее перспективным в этом отношении является Лебединское месторождение.

В настоящее время составляется проект разработки указанного месторождения открытым способом в нескольких вариантах, в том числе способом гидромеханизации, о котором в этом сборнике сообщено в специальной статье С. О. Славуцкого. Гидрогеологи и гидротехники должны дать исходные материалы для решения главнейшего в проекте вопроса об устойчивости бортов карьера.

Своевременно поставить вопрос о профиле научно-исследовательской Горно-геологической станции Академии наук на КМА. Эта станция должна быть горно-геологической и в первую очередь горной, так как без решений многих важных проблем, затронутых выше, очевидно, нельзя успешно решить задачи увеличения производительности шахт, организации добычи руд в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях и повышения производства агломерата и улучшения его качества.

Потери в хвостах составляют 21% от железа, содержащегося в исходной руде. При столь трудоемких работах по добыче кварцитов и их значительной стоимости нужно бороться за каждый процент извлечения железа.

Необходимо также решить вопрос обогащения железнослюдковых руд, влияющих на степень потерь при действующей технологии обогащения (сепарации), удельный вес которых в добыче кварцитов будет увеличиваться.

В области геологического, гидрогеологического и инженерно-геологического изучения Курской магнитной аномалии необходимо провести разведочные, опытные и исследовательские работы с решением следующих задач.

1. Разработки вопросов методики поисков богатых руд КМА и широкого развития работы по поискам богатых железных руд как сидерито-

мартитового состава, так и криворожского типа, а также руд и железистых кварцитов, залегающих в более благоприятных горнотехнических условиях.

2. Выявления и разведки месторождений железистых кварцитов, пригодных для открытой разработки.

3. Изучения вопросов устойчивости пород в бортах Лебединского карьера для стадии технического проекта и разработки.

4. Испытания глубинных эжекторных иглофильтров в условиях КМА.

5. Разработки вопросов методики гидрогеологического изучения богатых руд и железистых кварцитов и методики оценки ожидаемых притоков воды в рудники.

И. В. ОРЛОВ

БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ И БОГАТЫХ РУД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

В феврале 1953 г. Совет Министров СССР утвердил проектное задание Новолипецкого металлургического завода — первого завода, в доменной шихте которого намечается использование богатых руд и железистых кварцитов КМА. Это дает возможность осветить ближайшие перспективы использования руд КМА, дать технико-экономическую оценку их и показать это на конкретном примере утвержденного проектного задания Новолипецкого завода.

В проекте Новолипецкого завода также предусматривается использование руд КМА на заводе «Свободный Сокол», так как эти заводы имеют общую сырьевую базу.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАВОДОВ ЛИПЕЦКОЙ ГРУППЫ

Оба рассматриваемых завода являются в настоящее время действующими. Так, на Новолипецком заводе работают две доменные печи по 1000 м³ каждая. Выплавка чугуна на 1954 г. составила 669 тыс. т.

Проектом намечается строительство еще двух доменных печей объемом по 1386 м³. Общая выплавка чугуна в натуре при полном развитии завода составит 2230 тыс. т.

Завод «Свободный Сокол» в настоящее время имеет две доменные печи объемом 700 м³ и 600 м³. Расширения завода не предполагается.

Выплавка чугуна на заводе «Свободный Сокол» в 1954 г. составила 403 тыс. т, по проекту намечается 526 тыс. т в год.

ОЦЕНКА ЛИПЕЦКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РАЙОНА

Завод «Свободный Сокол» и первые печи Новолипецкого завода были построены на базе руд Липецкого железорудного района, запасы которого в 1929 г. оценивались в количестве 350 млн. т.

Бурые железняки Липецкого района залегают в виде обособленных залежей, разбросанных на большой территории, крайне непостоянных по площади, мощности и запасам. Руды отличаются значительными колебаниями по качеству (Fe от 20 до 56%), высокой влажностью и повышенным содержанием фосфора, равным в среднем 0,4—0,45%.

Сложность условий залегания руд Липецкого района была причиной того, что запасы руд по первоначальной оценке были сильно преувеличены и в настоящее время, после проведенных в большом масштабе

геологоразведочных работ, балансовые запасы района оцениваются в количестве всего около 32 млн. т.

На месторождениях Липецкого района ведется селективная добыча кондиционных руд с содержанием железа свыше 37%, используемых в доменных печах без подготовки. Добыча руды осуществляется шахтами небольшой производительности. За 1952 г. добыча липецких руд составила 700 тыс. т, по плану на 1955 г. намечена добыча 850 тыс. т.

В проектном задании Новолипецкого завода добыча липецких руд принята в количестве 1 млн. т. Для улучшения показателей доменной плавки намечается производить простейшую подготовку руд к плавке, заключающуюся в дроблении, сортировке и агломерации мелочи.

В результате такой рудоподготовки из 1 млн. т сырой липецкой руды получается 773 тыс. т кусковой руды в год с содержанием железа 49% и 209 тыс. т офлюсованного агломерата с содержанием железа 39,2%.

ДЕФИЦИТ В ЛИПЕЦКИХ РУДАХ И ИСТОЧНИКИ ЕГО ПОКРЫТИЯ

Указанные размеры добычи местных руд обеспечивают только небольшую часть потребности металлургических заводов Центра. Потребность в привозной руде в 1952 г. составила около 1,2 млн. т, при развитии заводов до полной мощности она выразится 3900 тыс. т в год.

До настоящего времени дефицит в местных рудах покрывается за счет криворожских богатых руд. В дальнейшем, в связи с ростом потребности металлургических заводов Приднепровья и Донбасса, получение криворожских руд на заводы Центра не может быть осуществлено. В связи с этим встает вопрос о необходимости создания в Центре новой надежной сырьевой базы за счет освоения месторождений Курской магнитной аномалии.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Месторождения Курской магнитной аномалии, представленные богатыми рудами и железистыми кварцитами, расположены в 300 км от заводов Липецкой группы.

Наиболее ценной разновидностью в этих месторождениях являются богатые руды.

Богатые железные руды. Богатые руды КМА (с содержанием 53—57% железа) на всех известных участках залегают на поверхности железистых кварцитов, непосредственно под толщей покрывающих пород, на глубине примерно 100—120 м от поверхности.

Гидрогеологические условия залегания богатых руд сложные, так как покрывающие породы чрезвычайно насыщены водой. Вследствие этого богатые руды и железистые кварциты, трещиноватые на глубину 30—40 м, а иногда и более, также являются значительно обводненными.

Указанное обстоятельство чрезвычайно осложняет эксплуатацию месторождений, требует специальных методов проходки шахт и создает постоянную угрозу затопления горных выработок.

Наличие рыхлых разностей руд, способных при насыщении водой становиться плывунами, усугубляет и без того сложные условия разработки этих месторождений. Балансовые запасы богатых руд КМА по сводке Министерства геологии и охраны недр на 1/I 1954 г. приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, наибольшими запасами обладает Лебединский участок.

В настоящее время шахты рудника им. И. М. Губкина, затопленного в 1936 г., восстановлены и использованы для опытного рудника по добыче

железистых кварцитов, сданного в эксплуатацию в 1952 г. Добыча богатых руд на этом руднике не предусматривается ввиду сложности и опасности работ одновременно на двух горизонтах. Проектирование рудника по добыче богатых руд на наибольшем из участков — Лебединском — ведется с 1939 г.

Проект разработки богатых руд был выполнен в трех вариантах в зависимости от способа разработки: открытым, подземным или комбинированным.

Таблица 1

Участок	Запасы по категориям					
	B		B + C_1		C_2	
	руды в тыс. т	содержание железа в %	руды в тыс. т	содержание железа в %	руды в тыс. т	содержание железа в %
Лебединский	100 893	56,9	181 535	56,9	6 000	56,9
Коробковский	7 820	53,2	15 838	53,2	—	—
Салтыковский	—	—	4 325	51,8	32 261	51,8
Жигаевский	—	—	4 258	45,6	—	—
Михайловский	25 527	51,5	92 196	47—56	—	—
Роговский	—	—	6 090	48,9	300	48,9
Новооскольский	—	—	—	—	20 971	49,7
Стойленский	—	—	—	—	59 081	55,7
Волоконовский	—	—	—	—	18 671	51,5
Всего	134 240		304 242		137 284	

Экспертная комиссия Госплана СССР, рассмотревшая в 1946 г. предложенные варианты разработки богатых руд КМА, признала подземный способ разработки совершенно непригодным для условий КМА, как не обеспечивающий безопасности работ и дающий чрезвычайно большие потери руд в охранных целиках.

Для разработки богатых руд открытыми работами необходимо осуществить осушение и выемку покрывающих пустых пород мощностью примерно 100—120 м.

Проект разработки Лебединского участка КМА выполнен Южгипрорудой в 1953 г.

Максимально возможный объем добычи богатых руд на Лебединском участке установлен в 2,5—3,0 млн. т в год.

Необходимость предварительного осушения и значительного объема вскрышных работ приведет к большим срокам подготовки рудника к эксплуатации, высокой стоимости добычи и большим капитальным затратам. По первоначальным расчетам Южгипроруды срок подготовки рудника к эксплуатации определялся в 12 лет.

По приказу министра черной металлургии № 12 от 24 января 1951 г., изданному в осуществление Постановления Совета Министров СССР № 158-73с от 19 января 1951 г., сроки строительства Лебединского рудника должны быть значительно сокращены: первая очередь рудника мощностью 500 тыс. т должна быть введена в эксплуатацию в 1956 г., рудник на полную мощность в 1958 г.

Эти сроки строительства рудника с производительностью 2,5 млн. т богатой руды в год положены в основу проектного задания Новолипецкого завода. Добыча плотных и рыхлых разностей руд проектом Южгипроруды предусматривается раздельная.

В расчетах условно принято одинаковое качество плотных и рыхлых руд. Имеются сведения, что рыхлые руды по содержанию железа богаче, чем плотные разности. В ВКЗ запасы руд Лебединского участка утверж-

дены без разделения на плотные и рыхлые разности со средним содержанием железа 56,9%, которое и принято в расчетах как исходное.

Высокое содержание железа в богатых рудах КМА предопределяет использование их без обогащения.

Подготовка руд к плавке в проектном задании завода принята для плотных руд — дробление и сортировка на классы 80—50, 50—10 и 10—0 мм; для рыхлых руд — сортировка, после чего отсортированная мелочь класса 10—0 мм совместно с мелочью плотных руд подвергается агломерации.

Суммарное количество мелочи богатых руд, подлежащей окускованию, зависит от выхода рыхлых руд и составит от 40 до 70% от добываемой руды.

Дробильно-сортировочная фабрика располагается на руднике. Агломерационная фабрика в составе двух или трех агломерационных лент по 75 м², в зависимости от выхода рыхлых руд, должна располагаться на Новолипецком заводе. Усреднение богатых руд предусматривается на руднике.

Потребность заводов Липецкой группы за счет эксплуатации Лебединского участка с производительностью 2,5—3,0 млн. т руды в год полностью не обеспечивается.

Наметить в настоящее время другие объекты по добыче богатых руд, помимо Лебединского участка, не представляется возможным, так как вопрос о вовлечении в эксплуатацию других участков может быть поставлен лишь после получения опыта эксплуатации этих руд на Лебединском участке. Кроме того, степень разведанности и запасы руд на остальных участках, по сравнению с Лебединским, значительно ниже. В связи с этим, помимо добычи богатых руд, необходимо организовать получение агломерата из железистых кварцитов Курской магнитной аномалии. Количество агломерата из кварцитов с учетом использования уловленной колошниковой пыли и окалины прокатных цехов должно составить 1,250 тыс. т в год.

Железистые кварциты. Эксплуатация железистых кварцитов, наиболее широко представленных в условиях КМА, значительно проще, чем использование богатых руд.

Строительство шахт для разработки кварцитов будет связано с некоторыми трудностями, обусловленными необходимостью проходки шахт в слое плывунов, но эти трудности не идут ни в какое сравнение с проблемами, возникающими при разработке богатых руд.

Площадь распространения и запасы железистых кварцитов КМА огромны. Основная масса кварцитов КМА представлена магнетитовыми кварцитами, обладающими сильно выраженными магнитными свойствами. Кварциты немагнитные имеют подчиненное значение и встречаются лишь на участках богатых руд.

Степень разведанности кварцитов недостаточна, в связи с чем точная оценка их запасов до сих под отсутствует. Лучше других разведаны кварциты Коробковского и Салтыковского участков.

Сведения о разведанных балансовых запасах железистых кварцитов КМА по данным Министерства геологии и охраны недр на 1 января 1954 г. приведены в табл. 2.

На разведанных участках (Коробковском и Салтыковском) запасы разделены на балансовые и забалансовые. При этом балансовыми считаются запасы кварцитов, залегающих ниже зоны трещиноватости и обводненности, забалансовыми — залегающие в этой зоне. Запасы по всем прочим участкам КМА недостаточно разведаны и не имеют промышленной оценки.

Таблица 2

Рудные участки	Запасы по категориям в млн. т			Содержание железа в %
	B	$B+C_1$	C_2	
Всего по КМА	937,7	1736,0	117;5	
В том числе				
Коробковский	436,1	754,1	—	33,0
Салтыковский	184,6	402,6	117,5	32,0
Осколецкий	86,4	161,4	—	30—31
Лебединский	230,6	417,9	—	—

Способ добычи кварцитов, ввиду большой глубины залегания, наличия в кровле богатых руд и сильной обводненности покрывающих пород, может быть только подземным.

Условия проходки шахт и эксплуатации кварцитов в условиях КМА будут сложными и не могут быть подведены под обычные рамки подземных работ. Поэтому размеры капитальных затрат и эксплуатационных расходов будут выше нормальных.

Для изучения горнотехнических условий эксплуатации и технологии подготовки к плавке железистых кварцитов на Коробковском участке построен и в конце 1952 г. сдан в эксплуатацию опытный рудник с годовой производительностью в 500 тыс. т по сырью.

Дальнейшее развитие добычи кварцитов КМА предусмотрено упомянутым выше Постановлением Совета Министров СССР от 19 января 1951 г. Так, согласно этому постановлению, в 1956 г. должны быть введены в эксплуатацию Южно-Коробковская шахта и обогатительно-агломерационный комбинат с производительностью 2,1—2,2 млн. т по сырью и 1,0 млн. т по агломерату. В дальнейшем должна быть построена Северо-Коробковская шахта с такой же производительностью, что и Южно-Коробковская, и аналогичным обогатительно-агломерационным комбинатом.

Железистые кварциты КМА имеют низкое содержание железа и требуют предварительного обогащения. Схема обогащения магнетитовых кварцитов включает мокрую магнитную сепарацию в две стадии, крупностью —3 мм и 0,15—0,10 мм. При содержании в сырье 32,9% железа выход концентрата 44%, содержание железа в концентрате 60%, извлечение железа в концентрат 80%.

Для кварцитов менее магнитных, имеющих значительное включение железной слюдки, потребуется усложнение схемы за счет флотации хвостов, а возможно и обжиг-магнитное обогащение.

Рудоподготовка железистых кварцитов, включая агломерацию, сосредоточена на Коробковском руднике и в дальнейшем намечается производить рудоподготовку на рудниках.

Агломерат намечается производить офлюсованным, с содержанием железа 56, 9%.

СХЕМА СНАБЖЕНИЯ ЗАВОДОВ ЛИПЕЦКОЙ ГРУППЫ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДОЙ. МОЩНОСТЬ И РАЗМЕЩЕНИЕ РУДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Сведения о количестве и качестве подготовленных доменных руд, которые будут поступать на заводы при развитии заводов до полной

проектной мощности, и распределение руд между заводами приведены в табл. 3:

Таблица 3

Наименование	Всего		В том числе	
	тыс. т	содержание железа в %	Новолипецкому заводу в тыс. т	заводу „Свободный Сокол" в тыс. т
Богатая кусковая курская руда . .	1460	56,9	1460	—
Агломерат из мелочи богатой курской руды с добавкой колошниковой пыли и окалины	1190	57,02	1190	—
Итого богатой курской руды	2650	57,0	2650	—
Агломерат из концентратов обогащения курских кварцитов	1250	56,9	918	332
Липецкая кусковая руда	773	49,0	49	724
Агломерат из липецкой мелочи . .	209	39,2	209	—
Итого липецкой руды	982	—	258	724
Всего поступает на завод	4882	—	3826	1056

Указанная схема снабжения заводов рудой предусматривает следующую рудоподготовку.

Для липецких и курских богатых руд принято дробление до кондиционной крупности, отгрохочивание и агломерация мелочи класса 10—0 мм.

Для курских кварцитов принята мокрая магнитная сепарация при измельчении до 100—150 меш и агломерация полученного концентрата.

Кроме того, потребуется агломерация колошниковой пыли и окалины. Учитывая эффективность применения офлюсованного агломерата, а также в целях улучшения условий спекания тонких концентратов, принимается производство офлюсованного агломерата. Степень основности агломерата принята 0,5.

Принято следующее размещение рудоподготовительных устройств, на основе данных технико-экономических расчетов, приведенных в проектном задании Новолипецкого завода.

Дробильно-сортировочная фабрика для липецких руд размещается на заводе «Свободный Сокол». Такое решение является оптимальным, так как рудники Липецкого района разбросаны на большой площади, являются небольшими по мощности и тяготеют к заводу «Свободный Сокол», который является основным потребителем липецкой руды.

Дробильно-сортировочная фабрика для богатых руд Лебединского участка размещается на руднике. Это решение упрощает условия перевозки руды и освобождает площадку завода от лишних предприятий.

Вся рудоподготовка железистых кварцитов Курской магнитной аномалии сосредоточивается на руднике. О месте расположения обогатительной фабрики других решений не возникает, так как перевозка больших масс пустой породы явно нецелесообразна.

Для выбора места расположения агломерационной фабрики проведено технико-экономическое сравнение двух вариантов: на руднике и на заводе. На основе приведенных сравнений рудничный вариант оказался

наиболее оптимальным, как обеспечивающий более благоприятные экономические показатели по капитальным и эксплуатационным затратам

Поступление мартеновской руды на Новолипецкий завод предусмотрено из Криворожского бассейна ввиду отсутствия ее в близлежащих железорудных районах.

В дальнейшем с расширением добычи богатых руд КМА и их более чистых по сере разновидностей возможно переключение Новолипецкого завода на снабжение мартеновской рудой из рудников КМА.

Таким образом, для осуществления намеченной в проекте схемы снабжения заводов рудой, при добыче 1 млн. т липецкой руды, предполагается строительство рудника на Лебединском участке по добыче 2,5 млн. т богатых руд в год. Для агломерации мелочи богатых руд, количество которой принято в 40%, на Новолипецком заводе должна быть построена агломерационная фабрика в составе двух аглолент по 75 м². Помимо опытной шахты, на Коробковском участке должна быть построена Южно-Коробковская шахта по добыче железистых кварцитов.

Общая добыча этих шахт по сырью составит 2,6—2,7 млн. т в год и обеспечит получение 1,25 млн. т агломерата с содержанием 56,9% железа.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗНЫХ РУД И ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

а) Сравнительная оценка добычи и подготовки руд КМА и других руд СССР.

Выше указывалось, что подавляющая часть ресурсов КМА представлена кварцитами, проектные показатели добычи и подготовки которых имеются уже в настоящее время.

Методы добычи богатых руд Курской магнитной аномалии в настоящее время еще недостаточно ясны. Поэтому приводимые показатели в части себестоимости добычи и подготовки богатых курских руд носят ориентировочный характер. Расчеты капитальных затрат по добыче и подготовке богатых руд не выполнялись.

Для показателей добычи и обогащения курских кварцитов использованы технико-экономические данные по Южно-Коробковскому участку КМА.

Для обогащения руды предусмотрено применение мокрой магнитной сепарации. Обогатительную и агломерационную фабрики проектируется построить на Южно-Коробковском руднике.

Производительность Южно-Коробковского горнорудного комбината запроектирована следующей:

	в тыс. т
Добыча руды (влажной)	2046,0
Выход концентрата (сухого)	972,5
Выход концентрата с влажностью 10%	1080,5
В агломерационную шихту направляется известняка	82,0
Выпуск офлюсованного агломерата (сухого)	1000,0
То же, влажного	1030,0

Ниже приводится расчет стоимости офлюсованного агломерата и капитальные затраты по горнорудному хозяйству.

	Сумма в руб. и коп.
Стоимость добычи 1 т руды (влажной)	18.34
Стоимость обогащения	20.08
Итого на 1 т исходной руды	38.42
Выход влажного концентрата из 1 т исходной руды — 53%	
Стоимость 1 т влажного концентрата (10% влажности)	72.76
Стоимость 1 т сухого концентрата	80.82

Расход концентрата на 1 т офлюсованного агломерата (на сухой вес) — 0,972 т	
Стоимость концентрата на 1 т агломерата	78.62
Стоимость известняка на 1 т агломерата (расход 0,082 т)	3.03
Итого стоимость шихты на 1 т агломерата (сухого)	81.65
Стоимость агломерации на 1 т агломерата (включая общерудничные расходы)	32.10
Транспортные расходы	0.95
Итого стоимость 1 т сухого агломерата франко-станция отправления	114.80
Стоимость 1 т влажного агломерата	111.00
Транспорт агломерата до Новолипецкого завода (включая расходы по погрузке и выгрузке) . . .	11·30
Итого стоимость 1 т влажного агломерата на заводе	122.30
То же, с учетом потерь при перевозке	123.50
Стоимость 1 тонно-процента железа в агломерате .	2.15
То же, без транспортных расходов	1.95

Сведения о капитальных затратах по горнорудному хозяйству в млн. руб. приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	Цеховые затраты	Общекомбинатские	Итого
Рудник	87,3	13,1	100,4
Обогатительная фабрика . . .	79,0	11,8	90,8
Агломерационная фабрика . .	33,7	5,1	38,8
Всего затрат	200,0	30,0	230,0

Для сопоставления с железными рудами и железистыми кварцитами Курской магнитной аномалии привлечены криворожские кварциты, керченские, нижнеангарские, енские и оленегорские руды.

Богатые руды КМА в расчете на 1 тонно-процент железа дают самую дешевую руду (71 коп.) по сравнению со всеми другими новыми месторождениями СССР. Близки к этим рудам по стоимости только криворожские кварциты (85 коп.).

Иное положение с курскими кварцитами. Стоимость подготовленной руды (на 1 тонно-процент железа) курских кварцитов выше стоимости всех новых месторождений СССР, что объясняется применением подземных работ по добыче руды и дорогим процессом обогащения, связанным в значительной мере с применением флотации. Кроме того, дороговизна топлива и электроэнергии в условиях Южно-Коробковской фабрики, а также пониженная производительность агломерационной машины (500 тыс. т на агломерационную машину площадью 75 м^2) определяют высокую стоимость агломерации.

В конечном счете стоимость 1 т влажного агломерата определилась в 123 руб. 50 коп., или 2 руб. 15 коп. на 1 тонно-процент железа, а за вычетом транспортных расходов — 111 руб., или 1 руб. 95 коп. на 1 тонно-процент железа.

Капитальные затраты, отнесенные на 1 тонно-процент железа кварцитов КМА, ниже капитальных затрат на 1 тонно-процент железа керченских и кольских (енские и оленегорские) руд и выше затрат на криворожские кварциты и нижнеангарские руды.

б) Сравнительная оценка себестоимости чугуна на рудах КМА и других рудах.

В проектном задании Новолипецкого металлургического завода, утвержденном Советом Министров СССР в 1953 г. себестоимость передельного чугуна определена в 347 руб. (в ценах 1950 г.) при следующем составе рудной шихты на 1 т чугуна.

Кусковая руда	0,800
Агломерат мелочи богатых руд . . .	0,575
Агломерат из концентратов обогащения кварцитов	0,310
Итого . . .	1,685

Сравнение себестоимости передельного чугуна Новолипецкого завода и других заводов приводится в табл. 5 (в руб.).

Таблица 5

Статьи расходов	Заводы					
	Новолипецкий	Череповецкий	Азовсталь II очередь	На Криворожских кварцитах	Запорожсталь	Западно-Сибирский
Себестоимость 1 т передельного чугуна	347	421	396	326	308	324
а) запроектированная плановая стоимость	353	423	405	328	315	342
из них рудная составляющая	129	179	145	105	71	193
б) расходы по переделу . .	30	33	39	37	34	28

Из данных табл. 5 видно, что себестоимость передельного чугуна на Новолипецком заводе значительно ниже проектной себестоимости чугуна Череповецкого завода и завода Азовсталь второй очереди и несколько выше, чем на других заводах, что объясняется условиями добычи руды и дорогим процессом обогащения.

Необходимость привоза обогащенного угля из Донбасса в Липецк на расстоянии 650—750 км удорожает себестоимость кокса, а следовательно, и себестоимость чугуна на Новолипецком заводе по сравнению с южными заводами, находящимися в более благоприятных условиях по отношению к месту добычи углей.

Объем перевозок железной руды и топлива на 1 т чугуна (в тонно-километрах) на Новолипецком заводе, по сравнению с другими заводами, определяется показателями, приведенными в табл. 6.

Приведенные данные показывают больший объем перевозок железной руды и топлива на 1 т чугуна на Новолипецком заводе по сравнению с южными заводами, в частности с заводами Азовсталь и Запорожсталь.

Несмотря на более высокую себестоимость чугуна Новолипецкого завода, по сравнению с заводом Запорожсталь, себестоимость чугуна Новолипецкого завода в районах Центра будет незначительно выше южного чугуна (на 10—15 руб.), если не учесть стоимости привоза (25—30 руб.) южного чугуна до потребителя. Необходимо учесть, что

Таблица 6

Объем в тонно-километрах	Заводы					
	Новолипецкий	Череповецкий	Азовсталь	им. Ворошилова	Запорожсталь	Западно-Сибирский
Всего	1310	5770	624	937	658	2593
В том числе:						
руда	460	2500	400	924	305	2505
топливо	850	3270	234	13	353	88

приведенное выше сравнение себестоимости чугуна с заводом Запорожсталь исходит из работы последнего на богатой криворожской руде.

Между тем, добычные возможности Криворожского бассейна по богатым рудам ограничены и не смогут полностью обеспечить даже действующие заводы Юга при полном их развитии.

Дальнейшее увеличение производства чугуна на юге может быть только за счет криворожских кварцитов. Себестоимость чугуна на новом заводе в условиях Кривого Рога, работающем на криворожских кварцитах, составит примерно 325 руб.

Себестоимость чугуна на криворожских кварцитах, привезенного в Центр, будет на уровне себестоимости чугуна Новолипецкого завода.

Следует иметь в виду, что положение может резко измениться, если принять рудную шихту в составе только кварцитов или только богатых руд КМА.

В этом случае себестоимость чугуна на Новолипецком заводе выразится цифрами, приведенными в табл. 7.

Таблица 7

	Стоимость чугуна в руб.		Стоимость чугуна в руб.
При работе только на кварцитах	437	При работе на богатых рудах (55% кусковой богатой руды и 45% агломерата из мелочи богатых руд)	330
В том числе рудная составляющая .	217	В том числе рудная составляющая	110

Таким образом, при работе только на кварцитах Курской магнитной аномалии, что может иметь место в первые годы эксплуатации Новолипецкого завода, себестоимость чугуна на заводе будет выше, чем на всех сравниваемых заводах, за счет резкого удорожания рудной составляющей.

При условии работы только на богатых рудах КМА на Новолипецком заводе может быть обеспечена себестоимость чугуна на уровне Западно-Сибирского завода и завода, работающего на криворожских кварцитах, и значительно более низкая себестоимость, чем чугуна заводов Азовсталь и Череповецкого.

Металлургический передел подготовленных руд КМА не вызывает затруднений.

Курские руды, как богатые, так и кварциты, при выплавке из них чугуна дают высокие технологические показатели доменной плавки. В то же время себестоимость чугуна из этих руд, особенно из кварцитов, выше, чем чугуна из большинства других месторождений.

Для более широкого использования железорудных месторождений КМА металлургической промышленностью себестоимость чугуна этих руд должна быть значительно уменьшена.

Для этого необходимо снизить стоимость добычи и подготовки как богатых руд, так и в особенности кварцитов.

Проведение научно-исследовательских работ, определение комплекса мероприятий, направленных на улучшение добычи руд, упрощение схемы обогащения должны в результате дать значительное удешевление стоимости подготовленной руды и тем самым создать условия для дальнейшего расширения использования руд КМА.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА БАЗЕ РУД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Строительством Новолипецкого металлургического завода положено начало созданию металлургии Центра, использующей собственную сырьевую базу. Как уже было сказано выше, наряду с Липецким металлургическим заводом, курские кварциты будут потребляться заводом «Свободный Сокол», в доменную шихту которого эти кварциты входят вместе с липецкой рудой.

Кроме этих двух заводов, доменное производство в Центре имеется на заводах Новотульском и Косогорском. Эти заводы должны работать на тульских рудах, пиритных огарках и на агломерате кварцитов Курской магнитной аномалии, который заменит доставляемую в настоящее время для этих заводов криворожскую руду.

Таким образом, все доменные печи Центрального района будут использовать курские руды в сочетании с рудами небольших месторождений Центрального района (тульские и липецкие). Указанными заводами круг потребителей курской руды, очевидно, не ограничится. При необходимости дальнейшего развития металлургии Центрального района, в целях уменьшения завоза необходимых профилей проката, может быть поставлен вопрос о строительстве новых доменных печей на Новолипецком заводе, площадка которого предусматривает возможность строительства второго блока цехов.

Не исключено, наконец, строительство нового большого завода непосредственно в районе КМА (близ Нового Оскола). Размещение завода в этом районе дает возможность удешевления себестоимости чугуна за счет уменьшения транспортных расходов на перевозку угля и руды.

Использование руд и кварцитов КМА на Новолипецком заводе будет способствовать решению крупнейшей народнохозяйственной задачи — освоению железорудных месторождений КМА.

М. И. АГОШКОВ и З. А. ТЕРПОГОСОВ

«ГОРНОЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ»

Первой, самой важной особенностью месторождений КМА является наличие над месторождением мощной толщи водонасыщенных песков с огромным внешним притоком воды. Между песками и рудными залежами не везде имеется водоупорный слой юрских глин, существуют окна и, вероятно, даже крупные по площади участки, на которых пески лежат непосредственно на рудных телах.

Эта особенность залегания оказывает существенное влияние на выбор способов разработки и ставит на первое место по важности и сложности научно-исследовательские работы в области гидрогеологии, инженерной геологии и гидротехники.

Вторая особенность — это нахождение богатых руд в верхней части месторождения и особенная трудность их разработки. Нужно также заметить, что богатые руды имеют в некоторых местах мощность порядка 10—30 м, поэтому оставление более или менее надежной по устойчивости и водоупорным свойствам потолочины (минимально 10 м) приводит к огромным потерям руды. Если принять минимальную мощность потолочины равной 10 м, то при мощности менее 15 м вырабатывать фактически нечего, так как остается менее чем пятиметровая камера и днище. Богатые руды являются в значительной мере рыхлыми и трещиноватыми, причем трещиноватость приурочена как к верхней, так и к средней и нижней частям залежей этих руд. В отдельных местах руда не только проводит воду, но и сама превращается в плывун при насыщении водой.

Кроме того, отмечается неправильность кровли богатых руд и трудность соблюдения постоянства толщины потолочины. Эта особенность предопределяет сложность эксплуатации и проведения научно-исследовательских работ в таких горно-геологических условиях. Все это необходимо ставить в связь с крупными масштабами работ по добыче руд.

Необходимо также иметь в виду, что разработка богатых руд должна производиться с достаточно высокими экономическими показателями, что можно достигнуть только при применении дешевых систем разработки.

Третья особенность месторождений Курской магнитной аномалии — это колоссальные, не имеющие себе равных, залежи железистых кварцитов как по площади, так и по глубине. Длина рудных участков 10 км, распространение пластов железистых кварцитов на глубину 1—2 км при их мощности в 200—250 м, очевидно, не редкость на КМА. В связи с этой особенностью возникают вопросы специфического характера, как, например, размеры шахтного поля вкрест простирания. Мы не знаем в рудной практике решения задачи о размере шахтного поля вкрест простирания крутопадающих залежей.

Решающее значение для разработки кварцитов имеет оставление надежной потолочины. Сейчас оставлена потолочина толщиной 100 м,

что дает возможность применять в широком масштабе камерно-столбовую систему разработки, оставляя около 40% руд в межкамерных целиках. Отсюда возникают задачи определения допустимой ширины и длины камер, определения размеров межкамерных целиков, выбор последовательности разработки этажей, возможности работать на двух этажах и т. д.

В настоящее время на Коробковском руднике запроектирована одноэтажная разработка, но в ближайшее время встанет вопрос о разработке следующих этажей, о возможности двухэтажной разработки залежей при камерно-столбовой системе.

Огромные размеры залежей приводят к тому, что при подземной разработке создаются условия, близкие к открытым работам, возникает возможность применения глубоких (до 50 м) и вертикальных скважин, устройства соответствующих средств для выпуска и загрузки руд. Условия требуют создания новой техники, новых конструктивных элементов подземной разработки, чтобы разрабатывать железистые кварциты по себестоимости, примерно равной себестоимости открытой разработки.

Такую задачу ставит перед собой Институт горного дела Академии наук СССР.

Четвертая особенность — это высокая крепость руд и необходимость изыскания эффективных средств бурения.

Буро-взрывные работы должны являться одним из важнейших направлений в научно-исследовательских работах горноэксплуатационного характера. Сюда, в частности, относится вопрос о способах вторичного дробления крупных глыб, связанный с интенсификацией очистной выемки.

Пути механизации работ по вторичному дроблению еще не ясны, однако нельзя мириться с отсутствием механизации этого процесса.

Вопрос изыскания способов доставки руды также требует серьезных исследований, так как доставка часто предопределяет дальнейшее развитие подземных систем разработки.

Пятая особенность заключается во все более возрастающих масштабах добычи руды на КМА, ибо освоение Курской магнитной аномалии будет осуществляться только в больших масштабах. Отсюда возникают серьезные вопросы о способах подготовки, в частности такие, как последовательность отработки шахтных полей в горизонтальном и вертикальном направлениях.

При обсуждении вопроса об осуществлении проекта Южно-Коробковского рудника выяснилось, что выполнить намеченный план добычи будет возможно в том случае, если интенсивность разработки камер будет увеличена в 4 раза по сравнению с существующей.

Шестая и, пожалуй, последняя особенность месторождений КМА состоит в силикозоопасности горных работ и необходимости выполнения научно-исследовательских работ в этой области.

Здесь мы перечислили далеко не все горнотехнические вопросы, которые могут возникнуть в будущем при больших масштабах разработки месторождений Курской магнитной аномалии, необходимость разрешения которых можно предвидеть уже сейчас.

Кроме того, все перечисленные горнотехнические проблемы можно было бы пополнить смежными проблемами инженерной геологии и гидрогеологии. Решение этих проблем связано с предупреждением возможных прорывов воды в подземные выработки рудников. Эту задачу руководство КМА уже поставило, хотя сегодня нет опасности прорыва воды в камеры, где ведется добыча руд, но это нужно уже изучать сейчас с учетом развития фронта работ по добыче кварцитов и богатых руд.

Очень важным является вопрос о тектонике залежей, об изучении трещиноватости руд, которым необходимо заняться в самое ближайшее время.

Таковы основные особенности условий разработки месторождений КМА и вытекающие из них направления в научно-исследовательской работе по горноэксплуатационным вопросам.

Перейдем к более детальному рассмотрению отдельных горноэксплуатационных вопросов Курской магнитной аномалии.

Можно условно выделить три обособленных направления в горно-технических научно-исследовательских работах по КМА.

Первое направление — открытая разработка богатых руд и кварцитов. Это, пожалуй, самое важное направление научно-исследовательских работ. Рассмотрение открытой разработки совместно богатых руд и кварцитов объединено камерально потому, что неправильно рассматривать открытую разработку богатых руд отдельно от последующей разработки железистых кварцитов.

Надо отметить в связи с этим серьезный недостаток существующих по КМА проектов открытой разработки, где рассматриваются только вопросы разработки богатых руд и игнорируется необходимость извлечения кварцитов. Это привело к неправильному определению контура карьера, при котором не учитывалось последующее углубление карьера в кварциты.

Второе направление — это подземная разработка богатых руд.

В решении правительственной комиссии, которая принимала Коробковский рудник в конце 1952 г., в полном согласии с предыдущими заключениями экспертизы, было записано, что в настоящее время подземная разработка богатых руд на Коробковском месторождении нецелесообразна. Однако для окончательного снятия с повестки дня вопроса о подземной разработке богатых руд нет основания. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Третье направление — подземная разработка железистых кварцитов.

Эта проблема наиболее актуальна в настоящее время, так как сейчас подземная разработка кварцитов уже осуществляется и в ближайшие годы в эксплуатацию будут введены крупные рудники по добыче железистых кварцитов подземным способом.

Институт горного дела и горная группа Горно-геологической станции Академии наук СССР на КМА ведут научно-исследовательские работы в третьем направлении — подземные разработки железистых кварцитов. Это объясняется следующими соображениями.

Проблема подземной разработки железистых кварцитов наиболее актуальна с точки зрения сегодняшнего дня, а в самое ближайшее время в эксплуатацию вступят еще новые крупные рудники.

К моменту ввода в эксплуатацию этих рудников нужно разрешить главнейшие горнотехнические вопросы и поставленную задачу получения руды по минимальной себестоимости, с минимальными трудовыми затратами.

Подземная разработка кварцитов связана также с тем, что по открытой и подземной добыче железистых кварцитов и богатых железных руд вести экспериментальные работы не представляется возможным ввиду отсутствия карьера.

Поэтому работы по первому и второму направлениям в настоящее время могут носить основной проектный характер.

По проблеме открытой разработки центральным вопросом, как известно, является вопрос устойчивости бортов карьера. В настоящее время

этот вопрос решается проектным порядком на основе обобщения имеющегося опыта и некоторых теоретических положений. Одним из неиспользованных путей решения этого вопроса является моделирование. Моделирование надо провести на моделях в крупных масштабах, так как малые модели вряд ли могут дать полезные результаты.

Необходимо приступить к проектированию модели, на которой можно было бы исследовать устойчивость поведения бортов карьера по мере выемки налегающих пород, в частности водонасыщенных песков.

Чрезвычайно существенным является вопрос о скорости понижения воды. Этот вопрос гидрогеологического характера и его можно решить также путем моделирования.

В свое время правильно был поставлен вопрос о том, что, прежде чем проектировать крупный карьер (как Лебединский) для добычи открытым способом, следовало бы создать небольшой опытный карьер в более благоприятных условиях на небольшой глубине.

Как скоро и насколько реально это можно сделать, сказать трудно. Проект разработки гидромеханизации составлен и одобрен.

В настоящее время проектировать подземную разработку богатых руд на Коробковском руднике нецелесообразно, так как при этом будет извлечено 20% руды, а оставлено в недрах 80%, что неприемлемо.

Второе осложняющее обстоятельство заключается в том, что стоимость добычи руды подземным способом по системе разработки с гидравлической закладкой чрезвычайно высока. Детальное ознакомление с проектом показывает, что проектирующие организации дали нереальные показатели по стоимости добычи руд. Цифры, принятые в проекте, по стоимости добычи руды, надо увеличить в несколько раз. Стоимость добычи железных руд при ширине камеры 6 м будет настолько велика, что подземная разработка богатых руд будет нерентабельна. Поэтому, если ставить вопрос о подземной разработке богатых руд, то нужно изыскать какие-то новые системы разработки. Пока их никто не предложил и в практике мы их не знаем. Это, однако, не значит, что научные организации, в частности Институт горного дела АН СССР, должны перед этой трудной задачей отступить. Высказывалось мнение о необходимости провести опытную разработку богатых руд на Южно-Коробковском руднике, но такая разработка может привести к затоплению рудника, ибо возможность катастрофического прорыва воды совершенно очевидна.

Перейдем к научно-исследовательским работам по проблеме подземной разработки железистых кварцитов.

Программа научно-исследовательских работ по КМА по горным вопросам Институтом горного дела согласована предварительно в конце 1952 г. с руководством КМАстроя и затем окончательно доложена и согласована в 1953 г.

В этой программе предусмотрены следующие главнейшие вопросы научно-исследовательских работ на ближайшее время.

Первая группа вопросов — определение основных параметров систем подземной разработки. Мы считаем, что камерно-столбовая система разработки выбрана правильно, пока это — единственное инженерное решение для подземной выемки кварцитов, но параметры системы — длина и ширина камер, ширина междукамерных целиков, а также направление выемки камер требуют пересмотра.

Без особых опасений можно увеличить длину камеры с 50 до 100 м. Принятая ширина камеры в 20 м может быть увеличена до 25—30 м.

Возможно, что одновременно с этим удастся несколько сократить и размер межкамерных целиков против принятого в проекте.

Определение длины и ширины камер и ширины межкамерных целиков, а также направления выемки, необходимо решать не с точки зрения состояния опытного рудника в 1953—1954 гг., а с учетом разработки нижележащих горизонтов.

При решении вопроса о параметрах системы имеется в виду применить расчетные методы (по известным формулам академика Шевякова, профессора Слесарева и др.), для чего необходимо провести полное исследование физико-механических свойств кварцитов месторождений Курской магнитной аномалии.

Вторая группа вопросов — это моделирование камер и межкамерных целиков с применением эквивалентных материалов.

Третья группа вопросов — постановка экспериментов непосредственно в руднике с измерением напряженности состояния кровли и межкамерных целиков при помощи специальной аппаратуры.

Кроме того, мы имеем в виду произвести искусственное обнажение кровли на 20, 30 и до 40 м, выделив для этой цели специальную опытную камеру. Руководство Главруды выразило опасение, что такое экспериментирование может привести к массовому обрушению кровли и затоплению рудника. Разумеется, что ставить этот опыт можно, но только нужно принять все меры предосторожности. Для этой цели нужно взять обособленный участок и изолировать его соответствующим образом, осуществив при этом профилактические мероприятия. Очень важным является наблюдение за поведением кровли и стенок целиков с проведением зарисовок и специальной геологической документации.

Мы считаем, что только совокупность всех этих методов, т. е. метода расчета, лабораторных исследований и экспериментирования в производственных условиях, может дать надежные результаты.

Институт горного дела уделяет большое внимание буро-взрывным работам. Следует заметить, что постановка исследовательских работ по буро-взрывному делу на Коробковском опытном руднике представляет интерес не только для КМА, но и для многих рудников, разрабатывающих мощные месторождения крепких руд. Поэтому необходимо организовать на КМА мощную лабораторию буро-взрывных работ, исследования которой могли бы быть использованы на многих предприятиях черной и цветной металлургии.

Создать такую лабораторию Академия наук СССР может только совместно с Министерством черной металлургии. Существующие средства бурения скважин на крепких породах в подземных условиях еще не совершенны, малопроизводительны и громоздки.

Производительность бурения 1 пог. м в смену (соответствует производительности 40 т в смену) крайне мала. Необходимо изыскать буровой инструмент, который обеспечивал бы большую скорость бурения пород в месторождениях КМА.

Эти исследования ведутся в широких масштабах в трех направлениях: по линии вращательного бурения, ударно-вращательного бурения и канатно-ударного бурения. Академик И. П. Бардин предлагает применить кислород при вращательном бурении. Такое бурение сейчас ведется Министерством черной металлургии и Московским горным институтом, хотя первые результаты этого бурения пока еще не дали желательных результатов.

В области бурения мы имеем в виду усовершенствование существующей конструкции дробовых станков, проводимое сейчас Министерством черной металлургии.

Наряду с этим нужно добиться, чтобы новые станки позволили бурить скважины большого диаметра — до 150—200 мм.

Институт горного дела в ближайшее время организует бурение при помощи стальной дроби этими станками, по поводу чего имеется договоренность с автором этого предложения инженером Остроушко. Мы можем рассчитывать на рост производительности бурения примерно на 20—30%, но это, конечно, не радикальное решение вопроса.

Работы по шарошечному бурению на Алтае показали, что этот способ бурения обеспечивает скорость бурения, по сравнению с дробовым бурением, большую в 3—4 раза.

Для определения возможности проведения работ на КМА по шарошечному бурению в настоящее время изготовляются шарошки, которые будут испытываться на руднике при помощи имеющихся на руднике станков. Криворожский завод «Коммунист» в текущем году готовит специальный станок для шарошечного бурения. По изготовлении этот станок будет испытан в подземных камерах рудника им. И. М. Губкина.

Применение бурового инструмента, армированного резцами из корундового микролита, является важным мероприятием. Известно, что корундовый микролит выдерживает большое давление, но плохо воспринимает ударную нагрузку и более хрупок.

Исследования по использованию корундового микролита для бурения в горных породах целесообразно провести совместно с Институтом твердых сплавов.

Исследования в области применения ударно-вращательного бурения для глубоких скважин в крепких породах ведутся многими организациями. В настоящее время имеются образцы буровых агрегатов ударно-вращательного бурения, которые проходят экспериментальную проверку. В частности, Западно-Сибирским филиалом АН СССР сконструирован агрегат для бурения глубоких скважин диаметром около 110 мм, который показал высокую скорость бурения в условиях рудника Темир-Тау. По имеющимся у нас сведениям, этот станок дает 14 м в смену в очень крепких породах. Если это нововведение окажется реальным и нам удастся применить такой станок на КМА, то вопрос о бурении будет решен радикально.

Криворожский НИГРИ уже несколько лет работает над конструированием ударно-вращательного бурового агрегата для крепких пород. В текущем году НИГРИ проводится испытание на рудниках Кривого Рога станка БЭС-2.

В условиях железистых кварцитов КМА такой станок также должен быть проверен.

Большое значение для эффективности буро-взрывных работ имеет правильный выбор их параметров: сетка расположения скважин на уступе, площадь уступа на одну скважину, диаметр скважины, методы взрывания и др.

По этим вопросам следует проводить исследования. Необходимо испытать прессованные взрывчатые вещества в скважинах.

Намечено провести работу по коротко-замедленному взрыванию скважин при помощи новой аппаратуры, с замедлением порядка сотых и тысячных долей секунды. Такая аппаратура заказана и скоро должна быть получена.

Очень сложным является исследование в области вторичного дробления руды. Отбойка глубокими скважинами приводит к большой кусковатости руды.

В настоящее время на Курской магнитной аномалии применяется обычный метод вторичного дробления накладными зарядами взрывчатых веществ, причем расход последних превышает расход на отбойку. Частые взрывы в течение смены ухудшают условия работы как на горизонте вторичного дробления, так и на верхнем горизонте, где производится основной процесс — бурение скважин. Кроме того, эти взрывы создают перерывы в выдаче руды из камер.

Наряду с изысканием рациональных способов вторичного дробления при помощи взрывчатых веществ предполагается исследование других способов разрушения крупных глыб — механического, с использованием бутобоя, электротермического и других.

Важным является также вопрос усовершенствования выпуска и транспортировки руды по горизонту скреперования. Применяемая в настоящее время скреперная доставка несовершенна. Необходимо изыскивать другие способы механизации доставки на горизонте скреперования. Предполагается поставить исследования по изысканию новых конструкций горизонта грохочения и их оборудования, в частности механизации тяжелых ручных работ на грохотах.

К конструированию новых машин по доставке руды должны быть привлечены проектные организации и заводы горного машиностроения.

Одновременно с погрузкой руды из камер должен совершенствоваться подземный транспорт путем введения большегрузных вагонеток.

В заключение необходимо указать на одну из самых серьезных задач — изыскание новых конструктивных элементов системы разработки, в частности применение траншейной подсечки, выпуск руды непосредственно на основной горизонт с применением для погрузки экскаваторов. Современные системы с выпуском на основной горизонт и погрузкой через люки не являются совершенством. В условиях очень мощных залежей Курской магнитной аномалии можно добиваться создания на подземных работах условий, близких к условиям открытых работ.

Особое место занимает проблема борьбы с силикозом, изыскания способов осаждения пыли при бурении и при других производственных процессах. Работами по силикозу на КМА в настоящее время руководит доктор технических наук В. Н. Воронин. Он работает с небольшой группой сотрудников, которые одновременно помогают решать текущие задачи для Коробковского рудника.

Разрешение всех поставленных задач будет способствовать наиболее эффективному использованию огромных запасов богатых железных руд и железистых кварцитов КМА.

Б. Г. ВАЙНШТЕЙН

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫМИ КАМЕРАМИ С ОТБОЙКОЙ РУДЫ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ГЛУБОКИМИ СКВАЖИНАМИ НА ОПЫТНОМ РУДНИКЕ КОМБИНАТА «КМАРУДА»

Коробковский участок, на котором расположен опытный рудник по добыче кварцитов, представлен железистыми кварцитами среднего отдела Курской магнитной аномалии.

Наиболее распространенными на участке являются магнетитовые кварциты. По текстуре железистые кварциты представляют собой полосчатые слоистые породы, образованные чередованием различной ширины прослоев: кварцевых, рудных и силикатных. В толще кварцитов присутствуют в незначительном количестве прослои сланцев. Встречаются также интрузивные и жильные породы. Углы падения пород изменяются в пределах от 80 до 90°.

По крепости железистые кварциты относятся к породам в высшей степени крепким. Коэффициент крепости по квалификации пород проф. М. М. Протодьяконова равен 16—20.

При проходке горных выработок в толще кварцитов выявляются значительно распространенные трещины напластования или расслоения. В большинстве случаев ширина этих трещин ничтожна. При разработке железистые кварциты раскалываются по плоскостям напластования, почти параллельным между собой.

Удельный вес железистых кварцитов 3,4; насыпной вес 2,2 т/м³.

Химический состав кварцитов

Наименование	Среднее содержание в %
$Fe_{общ}$	33,80
$Fe_{руд}$	32,95
$Fe_{силик}$	0,98
SiO_2	41,81
Al_2O_3	1,95
MgO	2,19
CaO	1,98
S	0,09
P	0,09

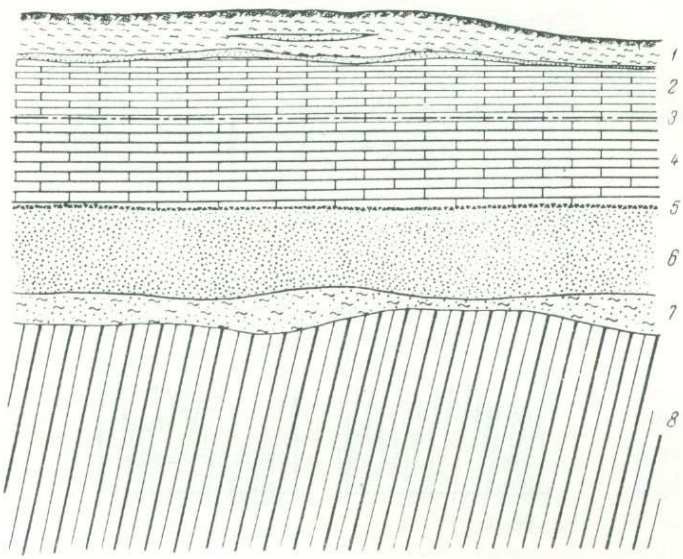
Геологический разрез Коробковского участка показан на фиг. 1.

Разрабатываемый участок месторождения вскрыт двумя вертикальными шахтами. Глубина ствола № 1 (клетьевого) — 305 пог. м и глубина ствола № 2 (скипового) — 379 пог. м.

Эксплуатационный этаж высотой 54 м расположен между абсолютными отметками —71 (вентиляционный горизонт) и —125 (откаточный горизонт).

Расположение первого этажа на 100 м ниже горизонта богатых руд с оставлением мощного целика вызвано необходимостью создания безопасных условий горных работ при разработке кварцитов от проникновения воды по трещинам.

Для отработки этажа по проекту Южгипроруды применяется камерная выемка с отбойкой вертикальными глубокими скважинами.



Фиг. 1. Геологический разрез Коробковского участка КМА

1 — почвенно-растительный слой, суглинок, песок; 2 — мергель; 3 — уровень грунтовых вод; 4 — мел; 5 — фосфоритовая плита; 6 — песок сеноман-альбский; 7 — юрская глина; 8 — железистые кварциты

Длина блока 70 м. Ширина блока 35 м. Ширина междукамерного целика 15 м. Выемочная камера имеет размеры 55×20 м. По условиям безопасности работ междукамерные целики выемке не подлежат. Камеры длинной своей стороной расположены вкрест простирания пород (фиг. 2).

Размеры камер и целиков, принятые Южгипрорудой, на основе общих соображений, требуют необходимой проверки и уточнения с целью установления их оптимальных размеров. Откаточные и вентиляционные штреки проходятся сечением 5,7 м^2. При проходке применяется вертикальный клиновой вруб. Вследствие большой крепости кварцитов все выработки проходятся без крепления. Скорость проходки штреков на опытном руднике достигала 50 пог. м в месяц. Бурение шпуров производится перфораторами ПА-23 или ПР-35 завода «Коммунист».

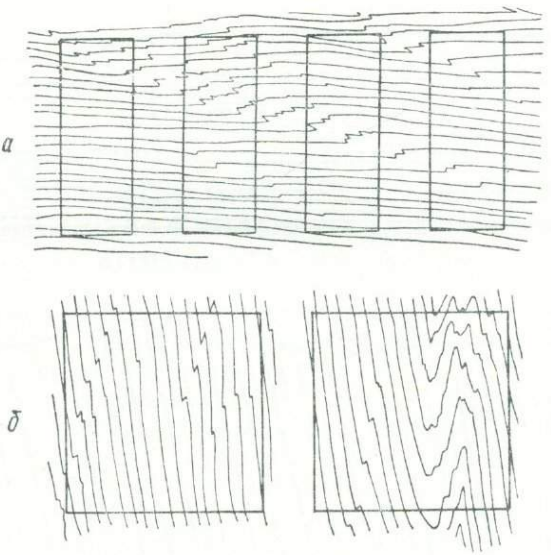
Вентиляционные гезенки проходятся в междукамерных целиках сечением 3,7 м^2. Нарезные выработки проходятся в зависимости от варианта доставки руды из камер. Выемка кварцита производится от середины камеры одновременно в обе стороны.

Для создания разрезной щели с горизонта нижней подсечки камеры до верхнего вентиляционного орта проходится разрезной гезенк, обеспечивающий при отбойке первых глубоких скважин необходимое компенсационное пространство. Сечение разрезного гезенка 4×2 м.

Верхний вентиляционный орт (буровой) проходится по длинной оси камеры сечения 2×2 м.

Для установки вращательных станков для бурения глубоких вертикальных скважин с вентиляционного (бурового) орта проходятся заходки шириной 5 м на ширину камеры 20 м. Высота заходок 3—3,5 м.

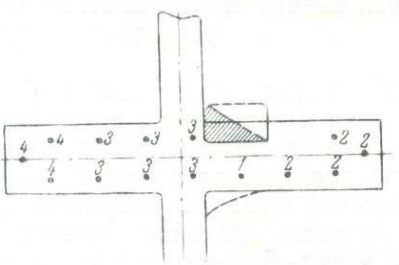
Бурение глубоких вертикальных скважин производится станками ВЖР-1 с буровой коронкой диаметром 110 м.



Фиг. 2. Структура железистых кварцитов
а — разрез по простиранию; б — разрез вкрест простирания

При подготовке разрезных щелей в камерах установлено, что лучшим расположением вертикальных скважин является двухрядное, при расстоянии между рядами 1,8—2,0 м и между скважинами в ряду — 2,5—3,0 м.

Для создания разрезной щели в камере № 3 (фиг. 3) было пробурено 14 скважин, общий метраж которых составляет 539,3 м. Часть скважин была пройдена с выходом в нижнюю подсечку на горизонте воронок. Практика показала, что сквозные скважины удобнее. Для очистки глубоких скважин от шлама, если они не пробиты насквозь, приходится затрачивать много времени. Очередность отпалки скважин показана на фиг. 3 цифрами.



Фиг. 3. Расположение скважин в разрезной щели камеры № 3

Одновременно на бурении глубоких скважин в заходке работало четыре станка ВЖР-1. Среднесменная производительность на бурении глубоких скважин без учета целосменных простоев составляла 0,9—1,0 м/см. Применяемая дробь — 4 мм. Расход взрывчатого вещества на погонный метр скважины — 11,5 кг.

При бурении глубоких вертикальных скважин станками ВЖР-1 были установлены следующие недостатки станка: а) быстрый износ шестерен (срок работы шестерен не превышает 100 погонных метров скважин); б) быстрый износ клиноременной передачи.

Для бурения пород крепостью 16—20 станок ВЖР-1 необходимо усилить, увеличив скорость вращения шпинделя и давление коронки на забой скважины.

На руднике в работе по бурению глубоких скважин испытывались также станки ЗИВ-150. Сравнительные данные работы станков ВЖР-1 и ЗИВ-150 в одинаковых условиях при работе в одной камере приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Марка станка	
	ВЖР-1	ЗИВ-150
Глубина скважин, пог. м	41,05	35,57
Диаметр коронки, мм	110	110
Средняя производительность в смену, м	0,91	0,83
Максимальная производительность, м	1,45	1,30
Расход дроби на 1 пог. м, кг	18	20
Расход материалов за 1 смену:		
коронок, см	7	6,2
штанг, м	0,94	0,93
колонковых труб, м	0,15	0,37
шламовых труб, м	0,09	0,30
переходников, шт.	0,09	0,28
ниппелей, шт.	0,95	1,18

Работа станков ЗИВ-150 в подземных условиях в сравнении со станками ВЖР-1 создавала больше трудностей в связи с более сложной конструкцией и затруднениями их ремонта на месте. Себестоимость 1 пог. м бурения вертикальных глубоких скважин станками ВЖР-1 за I квартал 1953 г. выразилась следующими цифрами (в руб. и коп.).

Себестоимость	432.29
в том числе:	
зарплата основная	97.77
электроэнергия	23.36
буровой материал	121.58
услуги цехов	41.08
охрана труда	14.48
технический ремонт и содержание оборудования	87.48

Бурение и отбойка уступа открытой камеры после создания разрезной щели производится также при помощи вертикальных глубоких скважин. Бурение скважин производилось с открытой заходки (балкона). На один уступ камеры приходилось 5—6 скважин.

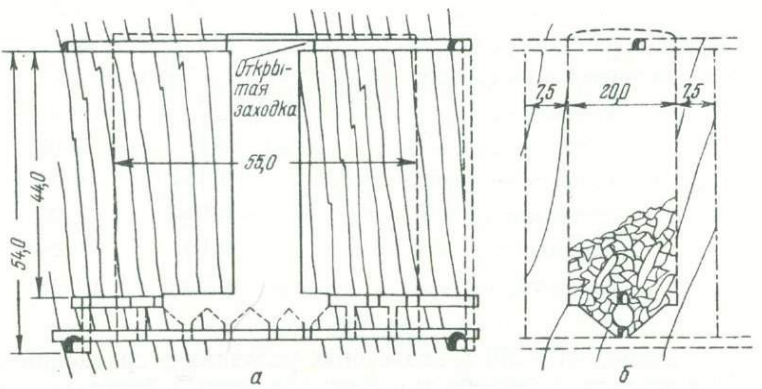
Площадь уступа на одну скважину в среднем составляла 12,6 м^2; минимальная — 10,5 м^2, максимальная — 14,8 м^2. Расход взрывчатого вещества при массовом взрыве составлял 240—255 г/т (при выходе руды на 1 пог. м скважины 45—52 т). Максимальное количество одновременно взрываемого взрывчатого вещества было при взрыве с двухсекундным замедлением трех уступов в двух камерах 7,7 т. В качестве взрывчатого вещества применялся аммонит № 7 в порошке.

Значительные размеры обнаженных плоскостей в камерах при наличии трещин напластования вызывали случаи скольжения части уступа

как со стороны верхней, так и нижней подсечки. Имели место два случая скалывания до 1 м на всей высоте уступа. Указанное обстоятельство вынудило отказаться от работы с открытых заходок и перейти к бурению скважин из закрытых заходок. Закрытые заходки проходятся шириной до 5 м, обеспечивая одновременное бурение из них двух рядов скважин.

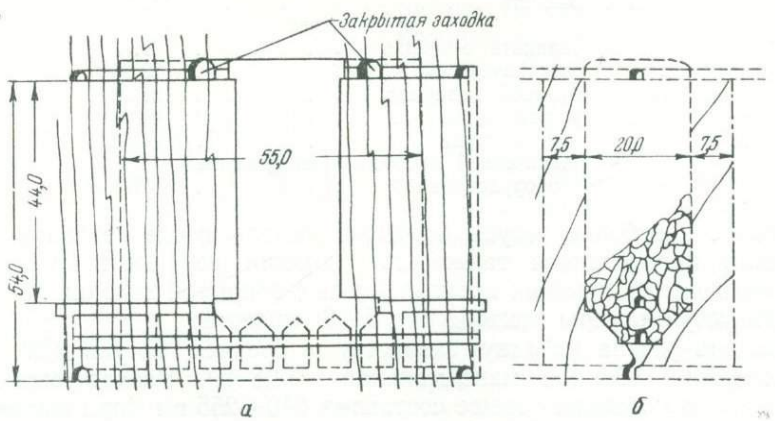
Опыт применяемого расположения сетки скважин для массового взрыва на уступе показал большой выход негабаритов (кусков свыше 0,5 м), что затрудняло выпуск руды из камер. Большой выход негабаритов является также следствием расположения камер вкрест простирания. В этом случае при массовом взрыве кварцит откалывается по плоскостям напластования, не обеспечивая эффективного дробления.

Выпуск из камер производится по двум вариантам: 1) вариант с горизонтом скреперования, орт скреперования расположен на уровне кровли откаточного штрека (фиг. 4); 2) вариант с горизонтом грохочения и погрузкой через люки (фиг. 5).



Фиг. 4. Вариант со скреперным горизонтом

а — продольный разрез по оси камеры № 2; б — поперечный разрез по оси камеры № 2



Фиг. 5. Вариант с горизонтом грохотов

а — продольный разрез по оси камеры № 3; б — поперечный разрез по оси камеры № 1

Сравнение вышеуказанных вариантов за три месяца работы в камерах № 2 и 3 дает следующие показатели (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Вариант скреперов, камера № 2	Вариант грохочения, камера № 3
Среднесуточный выпуск, т	233,2	256,2
Максимальный выпуск за сутки, т .	416,0	568,0
Расход материалов на вторичное дробление на тонну выпуска		
Средние данные:		
взрывчатых веществ, кг	0,23	0,32
детонирующего шнура, пог. м .	0,30	0,40
капсюлей, шт	0,12	0,13
огнепроводного шнура, пог. м .	0,10	0,23

Абразивные свойства кварцитов в значительной степени сокращают сроки работы тросов, скреперов, течек и пр. Так, например, козырек (нож) скрепера из 10-миллиметрового железа ставили новый через 10—12 смен работы. Пришлось применять ножи скрепера из 16-миллиметрового железа, что обеспечило несколько больший срок их работы.

Износ скреперов и тросов был снижен путем настилания в почве скреперного орта пяти ниток рельс.

При варианте с горизонтом грохотов для колосников грохота с успехом применены использованные ранее шестидюймовые железные трубы, заполненные деревом. Несмотря на большое вторичное дробление в камере грохочения, колосниковые грохоты указанной конструкции стоят бессменно несколько месяцев. Погрузочные люки оборудованы двухсекторными затворами.

Сравнение применяемых вариантов выпуска из камер пока не дает достаточных оснований сделать выбор в пользу одного из них. Большая кусковатость после массового взрыва вызывает необходимость выявления более эффективной сетки расположения глубоких скважин в зависимости от высоты уступа и структуры кварцитов.

Расход взрывчатого вещества на вторичное дробление накладными зарядами с учетом ликвидации зависания больших кусков в дучках доходит до 0,5 кг на тонну. Частое зависание в дучках заставило увеличить сечение дучек до 1,5×1,5 м. Большое количество взрывных работ по вторичному дроблению вызывает проникновение большого количества вредных газов через камеру на верхний горизонт, где работают буровые станки, что вызывает необходимость усиленной вентиляции буровых выработок.

Для обеспечения свежим воздухом горизонта буровых работ осуществлена проходка вентиляционных гезенков, по одному на три камеры, а также регулярно проводится орошение выработок.

Для всех рабочих забойной группы установлен шестичасовой рабочий день.

Кратковременность опыта новой системы разработки с открытым забоем не дает еще достаточно данных, чтобы сделать положительные выводы о ее применении, однако можно рекомендовать следующие мероприятия, которые улучшат процесс проходки очистных выработок:

1) камерный запас увеличить за счет длины и высоты камеры;
2) камеры не располагать вкрест простирания пород;

3) бурение глубоких взрывных скважин производить только в закрытых заходках, чтобы гарантировать безопасность работы;

4) конструкцию бурового станка ВЖР-1 усовершенствовать применительно к бурению в породах большой крепости;

5) откаточные штреки проходить двухпутевыми;

6) четко наладить снабжение работ по бурению глубоких скважин буровыми материалами и инструментом;

7) изыскать новые способы выпуска руды с погрузкой в вагоны взамен не обеспечивающей высокой производительности погрузки скрепером или через люк;

8) при применении варианта с горизонтом скреперования применять лебедки мощностью 40 квт;

9) провести испытания мощных погрузочных машин, применяемых для погрузки в вагоны выпускаемой из камеры руды;

10) откатку руды производить в большегрузных вагонах емкостью 5—10 $м^3$;

11) в связи с высоким содержанием кварца в руде, найти эффективные способы борьбы с пылью в шахте.

М. М. СМИРНОВА

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНОЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ НА КМА

Месторождения Курской магнитной аномалии располагаются двумя полосами: первая идет от Щигров через Старый и Новый Оскол почти до Валуек и вторая — от Кочетовки через Белгород до Волчанска.

В настоящее время разработка железистых кварцитов ведется пока только на Коробковском участке, расположенном в 23 км к северо-западу от г. Старый Оскол и в 1,5 км к западу от станции КМА Южной железной дороги.

Рельеф местности — равнина, изрезанная небольшими оврагами и логами. Наивысшая абсолютная отметка 202 м в северо-восточной части месторождения, понижение идет на юго-восток — к долине р. Осколец, на запад и юго-запад — к долине ручья Теплый Колодезь и на северо-восток — к Грачеву Логу.

Месторождение слагается двумя толщами пород:

1) кристаллической, сильно метаморфизованной и дислоцированной толщей сланцев, гнейсов и железистых кварцитов докембрия;

2) осадочными породами палеозойского и мезо-кайнозойского возрастов. Отложения (сверху вниз): четвертичные — суглинки, песчаные глины, песок, мощность отложений 19,5 м; мергельно-меловая толща, турон-конъякско-сантонская мощностью 31—58 м (средняя 44 м); сеноман-альбские пески мощностью 29—41 м (в среднем 34 м); верхнеюрские отложения — темносерые, зеленоватые песчанистые глины 1,3—12 м, средняя мощность 4,5 м.

Глубина до поверхности докембрия примерно 110 м. Докембрийские отложения подразделяются на три отдела: верхний — тонкослоистые кристаллические сланцы, средний — железистые кварциты и нижний — сланцевая и гнейсовая свиты.

На месторождении имеются три основных водоносных горизонта: мергельно-меловой, сеноман-альбский и рудно-кристаллический.

Имеющиеся на месторождении богатые сидерито-мартитовые руды залегают непосредственно под плывунами и поэтому не будут разрабатываться до тех пор, пока не решится проблема осушения участка.

Как уже было сказано, железистые кварциты залегают на глубине около 110 м от поверхности, причем верхняя зона этих кварцитов сильно трещиновата и водоносна (30—40 м). Утвержденные балансовые запасы кварцитов по Коробковскому участку по категориям выражаются следующими цифрами (в тыс. т): $B = 394\,989$; $C_1 = 265\,369$; $B + C_1 = 660\,358$.

Железистые кварциты Курской магнитной аномалии представляют собой гигантские залежи и прослеживаются (с перерывом) по простиранию на 600—700 км. Мощность толщи кварцитов достигает 350 м, а в узлах магнитных аномалий она расширяется до 0,8—1,5 км.

Падение кварцитов крутое, под углом 85°. Предположительная глубина распространения 1,5—2 км, хотя единичные буровые скважины на КМА пока пробурены только до глубины 650 м. На всей территории КМА в настоящее время работает только один указанный выше опытный кварцитовый рудник, там же ведется строительство еще одного кварцитового рудника (Южного). В настоящее время проходится методом замораживания ствол новой шахты (пройден на 80 м); проектируется разработка Лебединского месторождения богатых руд открытым способом; ведутся геологоразведочные работы на многих рудных участках.

На опытном руднике им. И. М. Губкина пройдены две вертикальные шахты глубиной по 325 м. Один скиповой ствол расположен рядом с обогатительной фабрикой и служит для выдачи руды, емкость скипа 3 т. Другой оборудован клетьевым подъемом для спуска и подъема людей и материалов. В работе находятся два горизонта —71 м (около 250 м от поверхности) и —125 м. Таким образом, над разрабатываемым участком оставлена толща нетрещиноватых кварцитов мощностью 100 м для предохранения подземных работ от затопления. Так как целик покидается навсегда, то запасы кварцитов в нем отнесены к забалансовым.

Железистые кварциты представляют собой устойчивые породы, очень крепкие; коэффициент крепости по шкале Протодьяконова равен 18. Буримость, по данным опытного рудника, составляет 36—50 мм/мин. молотком ПА-23 и ПР-35 при давлении воздуха у молотка 6 атм.

Типы железистых кварцитов: магнетитовые, магнетито-гематитовые и магнетито-гематито-мартитовые. Больше всего распространены сильно магнитные магнетитовые кварциты, слабо магнитные кварциты мало распространены. С поверхности кварциты мартитизированы и превращены в мартитовые и полумартитовые разности. Мощность мартитовой зоны в среднем около 14 м, на долю мартитовых и мартитизированных железистых кварцитов приходится 10—17% от всей массы кварцитов. Содержание железа в кварцитах в среднем составляет 32—35%. К балансовым запасам относят кварциты, содержащие не меньше 25% железа.

Опытный кварцитовый рудник начал работать в 1951 г. Очистные работы развиваются с июля 1952 г. К январю 1952 г. всего было добыто около 12 тыс. т руды, за 1952 г.— около 80 тыс. т (включая добычу из подготовительных и нарезных выработок).

Добыча в 1953 г. выросла более чем в три раза по сравнению с 1952 г. Приказом по Министерству черной металлургии, изданном на основании Постановления Совета Министров СССР об освоении железорудных месторождений Курской магнитной аномалии, намечался еще ввод в эксплуатацию, начиная с 1952 по 1955 г., северо- и южно-губкинских рудников с общей производительностью концентрата к концу пятилетки в 1250 тыс. т.

Разработка железистых кварцитов на руднике им. И. М. Губкина ведется системой открытых камер с применением глубоких скважин.

Из общего количества железистых кварцитов, добытых за 10 месяцев 1953 г., отбито с применением перфораторов 36%, при помощи станков глубокого бурения — 64%.

Выемка ведется в расположенных вкрест простирания рудного тела камерах со следующими размерами: высота 50 м, ширина 20 м, длина 20 м.

Оставляются междукамерные целики шириной 15 м, которые покидаются навсегда. Таким образом, только в междукамерных целиках теряется около 55% запасов шахтного поля.

В настоящее время на горизонте —71 м работают четыре камеры (№ 1, 2, 3 и 4), в подготовке находятся две камеры. На горизонте —125 м подготавливаются девять камер.

Подготовка блока к очистной выемке начинается с проходки из откаточных штреков горизонта—125 м двух восстающих сечением 2,35×1,5 м. Затем проходится орт и из него воронки, после чего в середине блока проходится отрезной восстающий сечением 2×4 м до соединения с верхним вентиляционным ортом, на горизонте — 71 м. Отрезной восстающий служит рудоспуском при проходке первой заходки на всю ширину камеры. Из этой заходки пробуриваются два ряда скважин для образования посредине камеры отрезной щели.

Система применяется в двух вариантах, отличающихся один от другого способом погрузки руды. Первый вариант — скреперование — заключается в следующем: руда с горизонта воронок (воронок делается по длине камеры два ряда, всего 14, каждая размером: основание 7,5×5 м, высота 2,5 м) поступает через наклонные дучки на орт скреперования. Сечение дучек 1,5×1,5 м.

По орту производится двухстороннее скреперование прямо в вагонетку на откаточном штреке, мощность скреперной лебедки 22 квт, емкость вагонетки 1 м^3 — 2,15 т. Для лучшего движения скрепера по орту настланы рельсы в четыре ряда. Откатка на горизонте —125 м электровозная (троллейный электровоз). Вторичное дробление негабарита производится непосредственно в орте скреперования.

Второй вариант — грохочение: отбитая руда через такие же, как и в первом варианте, 14 дучек доставляется в камеры грохочения, где прямо на грохотах производится дробление негабарита вручную или накладными зарядами.

Грохота сделаны из шестидюймовых труб, забитых деревом, расстояние между трубами 300 мм. Практика показала, что такие грохота дольше выдерживают распалку негабарита накладными зарядами, чем рельсовые. Затем руда поступает через люки с секторными затворами в вагонетку на штрек. Подготовка камер к очистной выемке в каждом варианте несколько различная.

При варианте со скреперованием проходятся откаточные штреки на горизонте —125 м, вентиляционные штреки — на горизонте —71 м, вентиляционные, ходовые восстающие, соединяющие эти горизонты между собой. При варианте с грохочением, помимо перечисленных выработок, еще проходятся орты (заезды) на горизонте —125 м, под каждой камерой. Также различается и нарезка. При варианте со скреперованием проходятся: вентиляционный орт горизонта — 71 м, орт скреперования, орт горизонта воронок, 14 выпускных дучек и отрезной восстающий в центре камеры.

При варианте с грохочением вместо орта скреперования проходится орт горизонта грохочения, причем, если орт скреперования проходится прямо над откаточным штреком, то орт грохочения проходится выше уровня штрека на 6 м, соответственно этому орт горизонта воронок проходится на 12 м выше уровня штрека, кроме того, проходятся еще 7 рудовыпускных гезенков и 7 камер грохочения.

Очистные работы для обоих вариантов одинаковы и заключаются в следующем: верхняя и нижняя подсечка камеры, разворот воронок, образование отрезной щели глубокими скважинами посредине камеры и отбойка уступа глубокими скважинами. Верхняя подсечка проходится в виде закрытых заходок, параллельных отрезной щели. Ширина заходки 4,5 м, длина заходки 20 м, высота 3—3,5 м. Подсечка проходится перпендикулярно к оси камеры.

Нижняя подсечка и разворот воронок развиваются от центра камеры (отрезная щель) к флангам, по мере отбойки уступов. С целью предупреждения сползания уступов и создания безопасных условий работы для мастеров бурильных станков между заходками оставляется целик шириной 2,5 м.

Штреки и орты, как откаточные, так и вентиляционные, проходятся сечением 5,7 м² без крепления. Забой обуривается двумя бурильщиками ручными перфораторами (ПА-23 или ПР-35) и в течение одной смены бурится 24 шпура глубиной по 1,3 м, которые располагаются обычным вертикальным клиновым врубом.

Уборка породы ведется вручную, только в последнее время стала применяться погрузочная машина ПМЛ-5. Скорость проходки горизонтальных выработок составляет 20—25 м/мес.

В междукамерных целиках проходятся вентиляционные восстающие сечением 3,7 м². В забое бурятся 22 шпура глубиной по 1,5 м. Применяется вруб звездочкой из 7 шпуров. Забой обуривают два бурильщика в смену телескопными перфораторами (ТП-4 и ПР-51).

Сечение отрезного восстающего 8 м². В забое бурятся 36 шпуров глубиной по 1,8 м. Скорость проходки вертикальных выработок примерно 10—15 м/мес.

Орты горизонтов скреперования, грохочения, воронок проходятся сечением 3,7 м². Проходка ведется так же, как и описанная выше проходка штреков.

Очистные работы в камере после производства верхней и нижней подсечки заключаются в отбойке уступа глубокими скважинами. Высота уступа при варианте со скреперованием 44 м, при грохочении — 40 м. Скважины бурятся вертикально на всю высоту камеры, без разделения ее на подэтажи. Бурение ведется станками ВЖР-1. В настоящее время вводится бурение стальной дробью. Диаметр буровой коронки 110 мм. Ввиду очень большой крепости пород ($f=18$) скорость бурения пока составляет около 1 пог. м в шестичасовую смену. В одну скважину закладывается около 500 кг взрывчатки. Одновременно взрывают 12 скважин. Расход взрывчатки 0,20—0,30 кг на тонну руды. Надо отметить, что очень затрудняет выпуск руды большой выход негабарита. По данным Института горного дела, выход негабарита составляет не менее 25%, причем отдельные глыбы достигают размера $4\times2\times0{,}7$ м, т. е. перекрывают собой выпускную дучку. Работа по распалке негабарита мало производительна, вызывает дополнительный расход взрывчатки (расход на вторичное дробление доходит до 0,5 кг/т) и нарушает вентиляционный режим рудника.

Данные о фактической производительности труда в тоннах в смену в 1953 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
На одного рабочего	1,65	1,35	1,75	2,29	2,18	2,11	2,22	2,34	2,61	2,45
В том числе подземного . .	2,40	1,90	2,49	2,71	3,03	2,72	2,83	2,96	3,42	3,01

Запланирована была производительность на одного рабочего около 4 т (3,85; 3,95), на одного подземного около 5 т (4,5; 4,6). Невыполнение плана по добыче, а следовательно, и по другим показателям объясняется перебоями в снабжении электроэнергией, случаями зависания негабарита, что уменьшало количество выпускаемой руды. Очень тормозит работу большой объем вторичного дробления. Бурение осложняется трещинами в кварцитах, по которым уходит вода.

Невыполнение плана приводит к высокой себестоимости руды, которая составляет около 100 руб/т.

Основная трудность разработки богатых руд КМА заключается в чрезвычайно сложных гидрогеологических условиях, в которых находятся все разведанные к настоящему времени месторождения богатых руд. Тяжелые гидрогеологические условия Коробковского участка не позволяют пока приступить к разработке богатых руд. Общая проблема разработки железистых кварцитов разрешена, но еще многое нужно выяснить и улучшить.

Научно-исследовательская работа горно-геологической станции АН СССР на КМА развивается в трех направлениях:

1. Усовершенствование системы разработок.

В этой части необходимо: а) изменить размеры камер и навсегда покидаемых целиков для уменьшения потери руды при отработке; б) уменьшить выход негабарита, для чего выработать оптимальную сетку скважин (в настоящее время скважины бурятся на расстоянии 2—3,0 м одна от другой); большой объем негабарита объясняется склонностью уступа к самопроизвольному оползанию по плоскости напластования в результате расположения его по простиранию и наличия верхней и нижней подсечек; располагать камеру по простиранию с тем, чтобы вести отбойку уступа вкрест простирания неудобно из-за возможности потери устойчивости междукамерных целиков, очевидно, требуется изменить каким-то образом сам способ подсечки.

2. Увеличение скорости бурения.

3. Борьба с пылью (с силикозом).

В дальнейшем возникает проблема отработки нижележащих горизонтов железистых кварцитов.

С. О. СЛАВУТСКИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ НА ЛЕБЕДИНСКОМ КАРЬЕРЕ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Запасы Курской магнитной аномалии представлены в большей части железистыми кварцитами с содержанием железа 25—40%. Но в этом же районе имеются и богатые руды с содержанием железа до 70%. Работы по промышленному освоению железистых кварцитов в настоящее время проводятся.

Задача добычи богатых руд пока еще практически не разрешена в силу специфических особенностей их залегания, представляющих значительные трудности для разработки (схема геологической характеристики месторождения приведена на фиг. 1).

Наибольшие затруднения возникают вследствие наличия мощных водоносных горизонтов, заключенных в осадочной толще, покрывающей руду, и в самой рудной залежи. При этом большая часть руды, а также породы, залегающие непосредственно в кровле руды, имеют рыхлую структуру.

Рядом с Губкинским рудником расположено крупное месторождение остаточных гематитовых богатых руд на КМА — Лебединское. Для этого месторождения был составлен проект разработки с применением гидромеханизации.

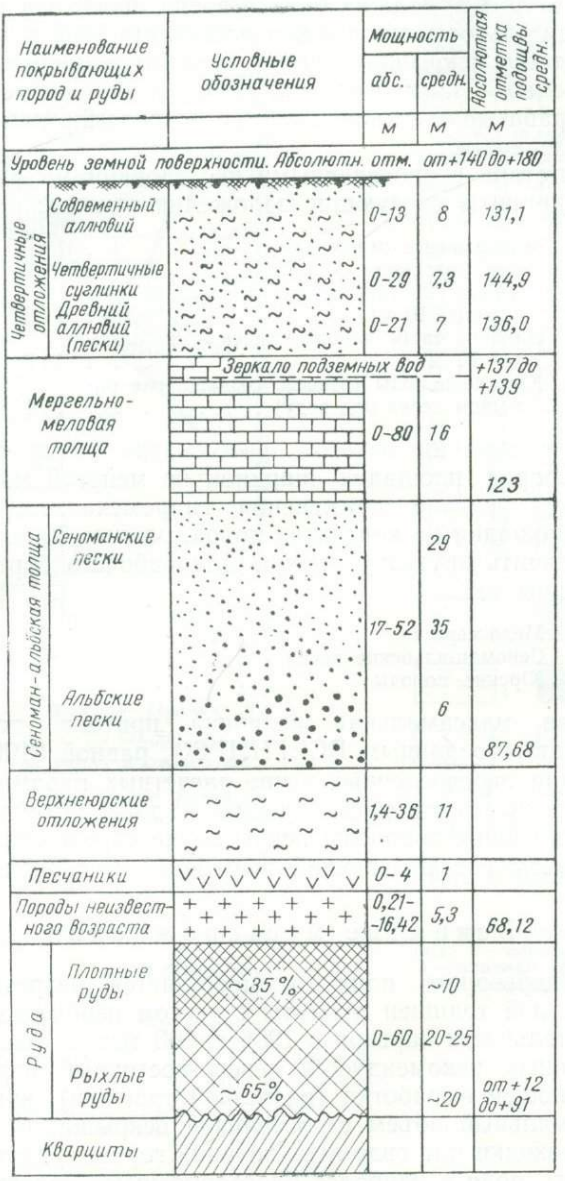
Мощные водоносные горизонты, заключенные в покрывающей руду осадочной толще и в самой рудной залежи, определяют необходимость откачки из открытой выработки весьма значительных расходов подземных вод. Естественно, что в этих условиях целесообразно использовать откачиваемую воду для транспортировки вскрышных пород.

Рыхлая структура значительной части отложений, покрывающей полезное ископаемое, позволяет применить гидромеханизацию и для разработки пород. Кроме того, гидромеханизация горных работ создает возможность осуществлять проходку в слабых и неустойчивых породах подводным способом и тем самым облегчить разрешение задачи обеспечения устойчивости откосов.

Оборудование для гидромеханизации проще и легче применяющегося при обычных методах разработки и транспорта. Все это создает основательные предпосылки для широкого применения гидромеханизации горных работ на Лебединском карьере, особенно при строительстве его.

В результате разработки основных положений было установлено, что современная техника гидромеханизации, располагающая мощными высокопроизводительными механизмами для разработки и гидротранспорта грунтов, позволит осуществить строительство Лебединского карьера в установленные Правительством сроки без предварительного (до начала горных работ) осушения всей надрудной толщи. Вместе с тем, гидромеханизация горных работ как при строительстве, так и в процессе эксплуатации потребует проведения некоторых мероприятий по осуше-

нию бортов карьера в виде послойного осушения на глубину разрабатываемого уступа. В период эксплуатации со стороны нерабочего борта выполняется постоянный дренаж — вертикальные или горизонтальные



Фиг. 1. Геологическая характеристика Лебединского месторождения. Мощности основных литологических разностей указаны округленно с точностью ± 0,5 м

иглофильтры. Рабочий борт карьера оборудуется временным дренажем или остается без дренажных устройств.

После рассмотрения основных положений в основу проектного задания были положены следующие важнейшие факторы.

1. Месторождение разрабатывается открытыми горными работами.

2. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР, строительство карьера должно быть осуществлено в 2—3 года, причем в 1956 г. производительность карьера должна быть равной 500 тыс. т руды в год, а в 1958 г. должна быть освоена проектная мощность карьера и производительность его должна достигнуть 3000 тыс. т руды в год.

3. Производство вскрышных работ принято сезонным, а добыча полезных ископаемых — круглогодовой.

4. Мел разрабатывается как полезное ископаемое для использования его в промышленности.

5. В соответствии с проведенными исследованиями институтом Фундаментпроект приняты следующие заложения откосов:

Четвертичные отложения	1 : 1,5
Мело-мергельная толща	1 : 1
Сеноман-альбские пески (за исключением нижних 10 м)	1 : 2
Нижняя часть альбских песков по высоте 10 м	1 : 3
Юрские породы (откосы, создаваемые намывом песка под воду)	1 : 4

Указанные заложения откосов предусматриваются при устройстве на контактах пород площадок шириной не менее 6 м. Рабочий борт карьера, в силу условий применения гидромеханизации вскрышных работ, имеет площадки на контактах пород, равные 60 м. Это позволило несколько увеличить крутизну откосов для рабочего борта, приняв следующие величины их.

Мело-мергели	1 : ½
Сеноман-альбские пески	1 : 1,75
Юрские породы	1 : 3

6. Вероятная максимальная величина притока подземных вод в карьер принята, по данным ВСЕГИНГЕО, равной 3100—4000 м³/час.

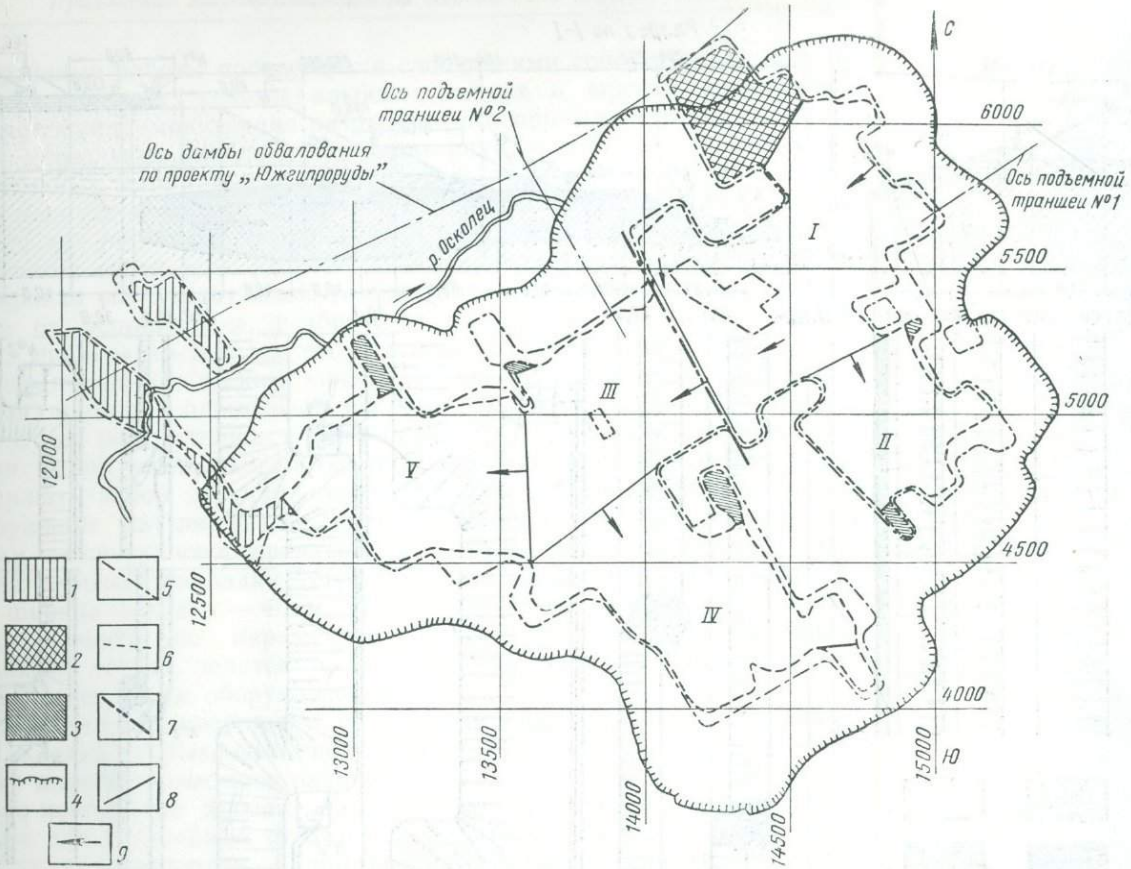
На основании перечисленных выше расчетных параметров в проектном задании подвергнуты рассмотрению и даны технические решения следующих важнейших вопросов: вскрытие месторождения, система разработок и проходка вскрывающей выработки в период строительства карьера.

Вскрытие месторождения

Вскрытие карьерного поля осуществляется разрезной траншеей. Размеры разрезной траншеи приняты с учетом необходимости достижения производительности карьера в 1956 г. 500 тыс. т товарной руды. На основании анализа рекомендуется северо-восточный вариант расположения вскрывающей выработки (разрезной траншеи), как обеспечивающий: а) минимальный объем строительной вскрыши; б) наиболее легкие условия проходки при гидромеханизации горных работ; в) отработку всего карьерного поля с наиболее благоприятными условиями транспорта руды и пород вскрыши; г) возможность организации внутренних отвалов и др. На фиг. 2 показано место заложения вскрывающей выработки и очередность отработки карьерного поля при северо-восточном варианте вскрытия.

Система разработки

Проектом принята специальная система разработки с гидромониторным способом работ и с гидротранспортом от экскаватора при параллельном перемещении фронта работ (фиг. 3).

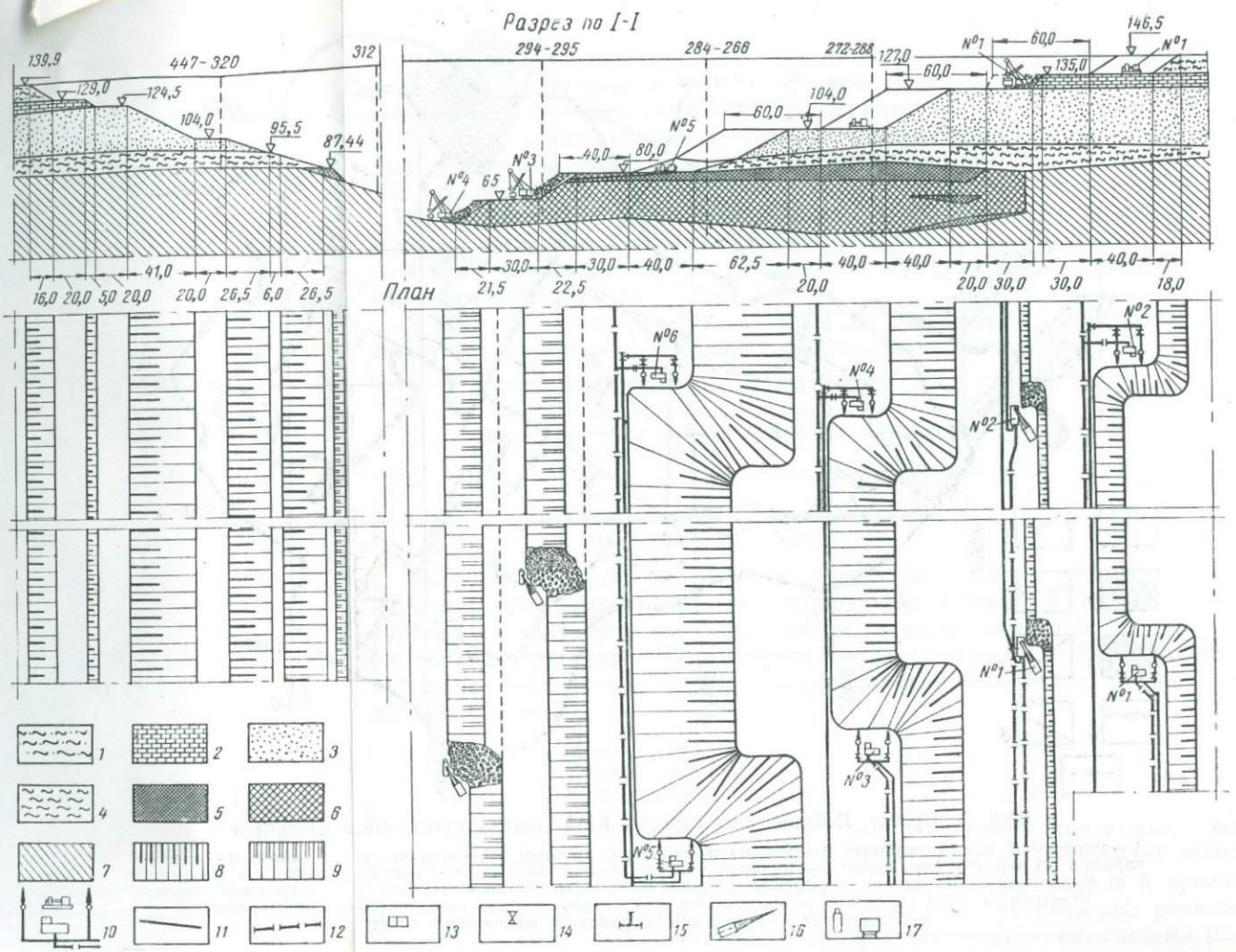


Фиг. 2. Проект Лебединского карьера КМА (вариант гидромеханизации)

1 — участок Б месторождения; 2 — запасы в охранном целике; 3 — потери в целиках; 4 — контур карьера по верху к отработке; 5 — нулевой контур рудной залежи; 6 — контур залежи по изолинии 5 м мощности; 7 — граница отработки рудной залежи от подъемника № 1; 8 — граница блоков; 9 — направление развития горных работ. I — V — порядковые номера блоков (нумерация соответствует очередности отработки карьерного поля)

Объем добычи, вскрыши и срок отработки карьерного поля

№ блока	Запасы полезных ископаемых (в тыс. т)		Объем вскрыши (в тыс. м³)	Срок отработки блока (в годах)
	промышленные	эксплуатационные		
1	38 191	35 518	84 765	13,5
2	21 464	19 961	35 800	6,5
3	28 956	26 929	48 540	9
4	27 404	25 486	46 000	8,5
5	23 219	21 594	39 000	7,5
Итого	139 234	129 488	254 105	45



Фиг. 3. Лебединский карьер КМА. Система разработки с добычей руды экскаваторами. Механическая лопата с автотранспортом. Разрез I—I

1 — четвертичные отложения; 2 — мело-мергельная толща; 3 — сеноман-альбские пески; 4 — юрские отложения; 5 — плотная руда; 6 — рыхлая руда; 7 — кварциты; 8 — откос вскрышного уступа; 9 — откос рудного уступа; 10 — гидромониторноземлесосная установка; 11 — водоводы; 12 — пульповоды; 13 — передвижная землесосная установка с бункером-смесителем; 14 — задвижки; 15 — тройники; 16 — экскаватор СЭ-3 (У); 17 — автосамосвал

Вскрышные работы производятся следующими способами: на четвертичных отложениях, сеноман-альбских песках и юрских отложениях применяется гидромониторная разработка с напорным гидротранспортом, на мело-мергельных породах — экскаваторная разработка с применением буро-взрывных работ и с напорным гидротранспортом. Разбивка на уступы надрудной толщи произведена с учетом необходимости выделения мела как полезного ископаемого и выполнена следующим образом: четвертичные отложения разрабатываются отдельным уступом с зачисткой кровли мело-мергельной толщи; мело-мергельная толща, в зависимости от мощности ее, разбивается на уступы, предельная высота которых принята 15 м с учетом параметров экскаватора СЭ-3.

Сеноман-альбские пески и юрские отложения разрабатываются двумя уступами примерно одинаковой высоты. При этом разработка юрского пласта будет осуществляться совместно с крупнозернистыми альбскими песками. Такой метод разработки при гидромониторном размыве позволит держать забой юрских отложений под специальной пригрузкой фильтрующим материалом, а крупнозернистый альбский песок будет лучше и легче транспортироваться в потоке глинистой пульпы юры. Ширина рабочей площадки уступа при гидромониторной разработке — 60 м, ширина заходки — 40 м. Для мело-мергельного уступа ширина заходки принята по параметрам экскаватора — 10 м. Весь фронт вскрышного уступа делится на два участка, каждый участок уступа обслуживается своим оборудованием.

Гидроотвал организуется в пойме реки Осколец. После его заполнения укладка вскрышных пород производится в образованное к этому времени выработанное пространство.

Мело-мергельные породы, как полезное ископаемое складируются отдельно для дальнейшей отгрузки потребителям. Мел на склад доставляется гидротранспортом. Гидротранспорт пульпы осуществляется землесосами по трубам из карьера на гидроотвал.

Водоснабжение работ организуется с кругооборотом воды по следующей схеме: насосной станцией вода забирается из руслоотводного канала и по трубопроводу подается в пруд-отстойник гидроотвала; кроме того, в пруд-отстойник поступает вода, откачиваемая насосными станциями из карьера при его осушении. Осветленная в гидроотвале вода через водосбросные каналы поступает в пруд-отстойник. Насосная станция, установленная у пруда-отстойника, подает воду по трубопроводам к гидромониторам на уступы. У склада мела сооружается также насосная станция, которая подает воду, поступающую со склада мела, в гидроотвал.

Добыча руды осуществляется экскаваторами СЭ-3, транспорт ее в карьере — автосамосвалами до подъемника карьера. На добыче руды производится взрывное рыхление ее. Подъем руды на поверхность осуществляется ленточными конвейерами, которые доставляют ее до самой дробильно-сортировочной фабрики, для чего в карьере у подъемника предусмотрена первая стадия дробления руды.

Проходка вскрывающей выработки

Основной, важнейшей работой строительства Лебединского карьера является сооружение вскрывающей выработки (разрезной траншеи) карьера. Значительный объем этой выработки (11 453 тыс. м^3), сложные гидрогеологические условия и весьма сжатые сроки строительства требуют применения высокопроизводительных способов работы для осуществления проходки этой выработки.

После анализа ряда рассмотренных вариантов проектом рекомендуется следующий вариант производства горных работ в период строительства карьера: разработка четвертичных отложений гидромониторами с гидротранспортом, мело-мергельных пород — экскаваторами с гидротранспортом, сеноман-альбских песков и юрских отложений — пловучими землесосными снарядами (фиг. 4, 5, 6 и 7).

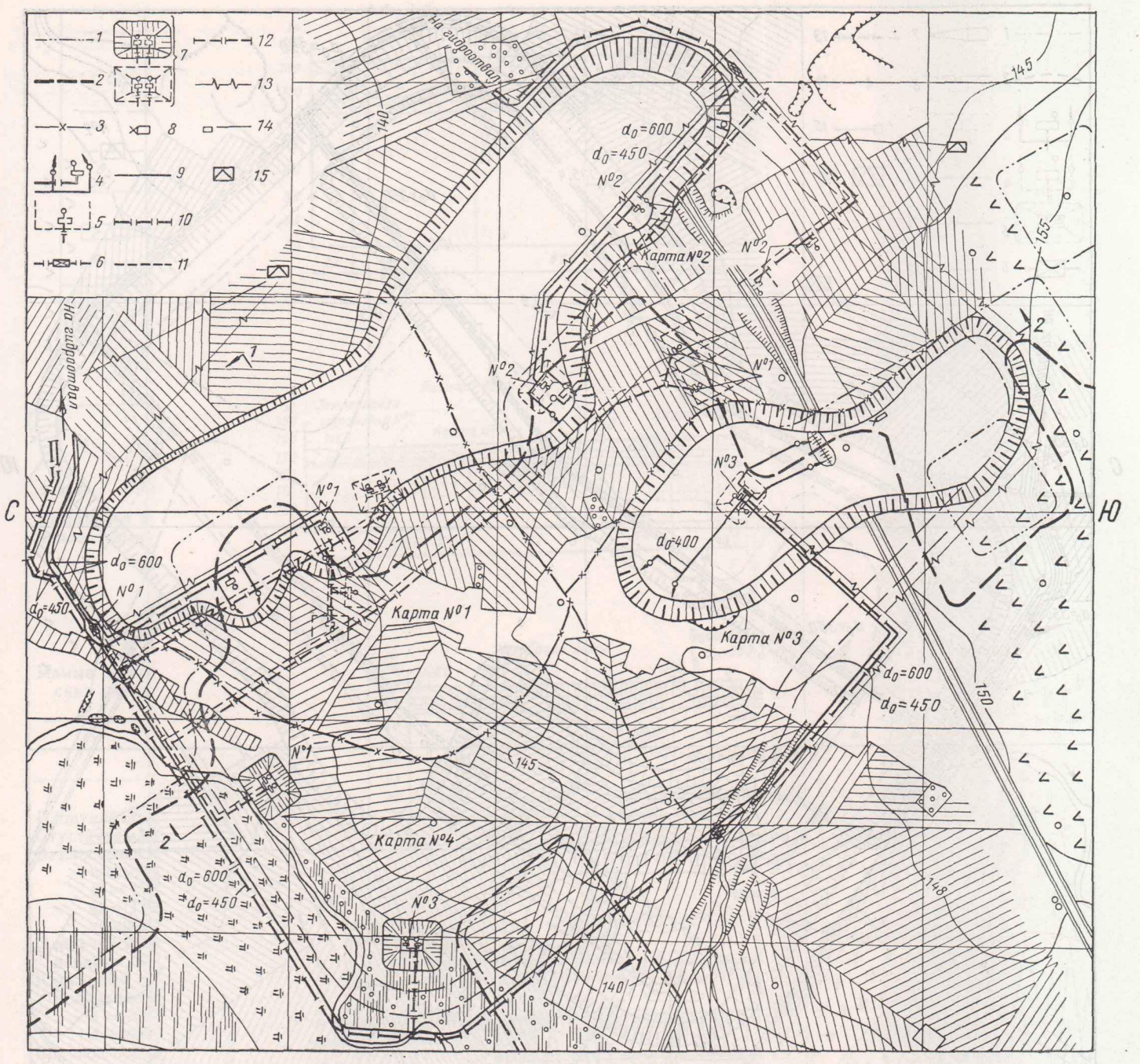
Организация работ по проходке вскрывающей выработки предусматривает применение различного оборудования на разработке пород в зависимости от их инженерно-геологической характеристики и наличия грунтовых вод. При разработке первого уступа (четвертичные отложения) учитывается рельеф кровли мело-мергельных пород, которая является почвой первого уступа. Первый уступ разрабатывается гидромониторами по следующей схеме: размытая гидромонитором порода самотеком по площадке уступа поступает к землесосу, которым затем перекачивается по пульповоду на гидроотвал. После отработки первого уступа на ширину полосы 130 м разрезается второй уступ. В траншее второго уступа оборудуются водоотливные установки и после ее осушения устанавливается экскаватор СЗ-3 и передвижная землесосная установка с бункером-смесителем и двухвалковой дробилкой. Таким образом, разрабатывается второй уступ вслед за первым. Ширина заходки экскаватора принята 10 м. После полной отработки первого уступа и разработки полосы шириной 230—240 м второго уступа начинается разработка пловучими снарядами «500—60» третьего и четвертого уступов.

В процессе проходки разрезной траншеи производятся работы по осушению и укреплению бортов карьера. Фильтрующая пригрузка откоса юрских отложений, которая необходима для укрепления откоса, создается намывом при разработке четвертого уступа параллельно с основными работами.

Основные технико-экономические показатели проекта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Количество
Промышленные запасы руды в контуре карьера тыс. т	139 234
Объем вскрыши в контуре карьера, тыс. м³	254 105
Коэффициент вскрыши, м³/т	1,82
Расчетный годовой объем работ по вскрыше, тыс. м³	6 934
Глубина разработки карьера, м	60—125
Количество рабочих дней:	
а) по вскрыше	210
б) по добыче руды	300
в) по водоотливу	365
Производительность труда одного рабочего в день	
а) по добыче руды, т	56
б) по вскрыше, м³	89
Расход электроэнергии:	
а) на 1 т добычи руды, квт/час	1,82
б) на 1 м³ вскрыши „ „	9,48
Себестоимость добычи 1 т руды без стоимости вскрышных работ, руб.	3,91
Себестоимость 1 м³ вскрыши в период эксплуатации, руб.	3,56
Стоимость проходки вскрывающей выработки, млн. руб.	66,5
Себестоимость 1 м³ вскрыши в период строительства, руб.	5,79



Фиг. 4. Лебединский карьер КМА. Организация работ по проходке вскрывающей выработки (I вариант, I уступ, план)

1 — нулевой контур рудной залежи; 2 — контур рудной залежи по изолинии 5 м мощности; 3 — граница карты землесосно-гидромониторной установки; 4 — забойная землесосно-гидромониторная установка; 5 — конечное положение забойной установки; 6 — землесосная станция второго подъема; 7 — пионерный котлован с установкой землесосов в начале работы; 8 — бульдозер на уборке недомыва; 9 — водовод; 10 — пульповод; 11 — начальное и конечное положение водовода; 12 — начальное и конечное положение пульповода; 13 — ЛЭП 6 кв; 14 — концевая опора; 15 — передвижная электрическая подстанция 35/6 кв

График работ

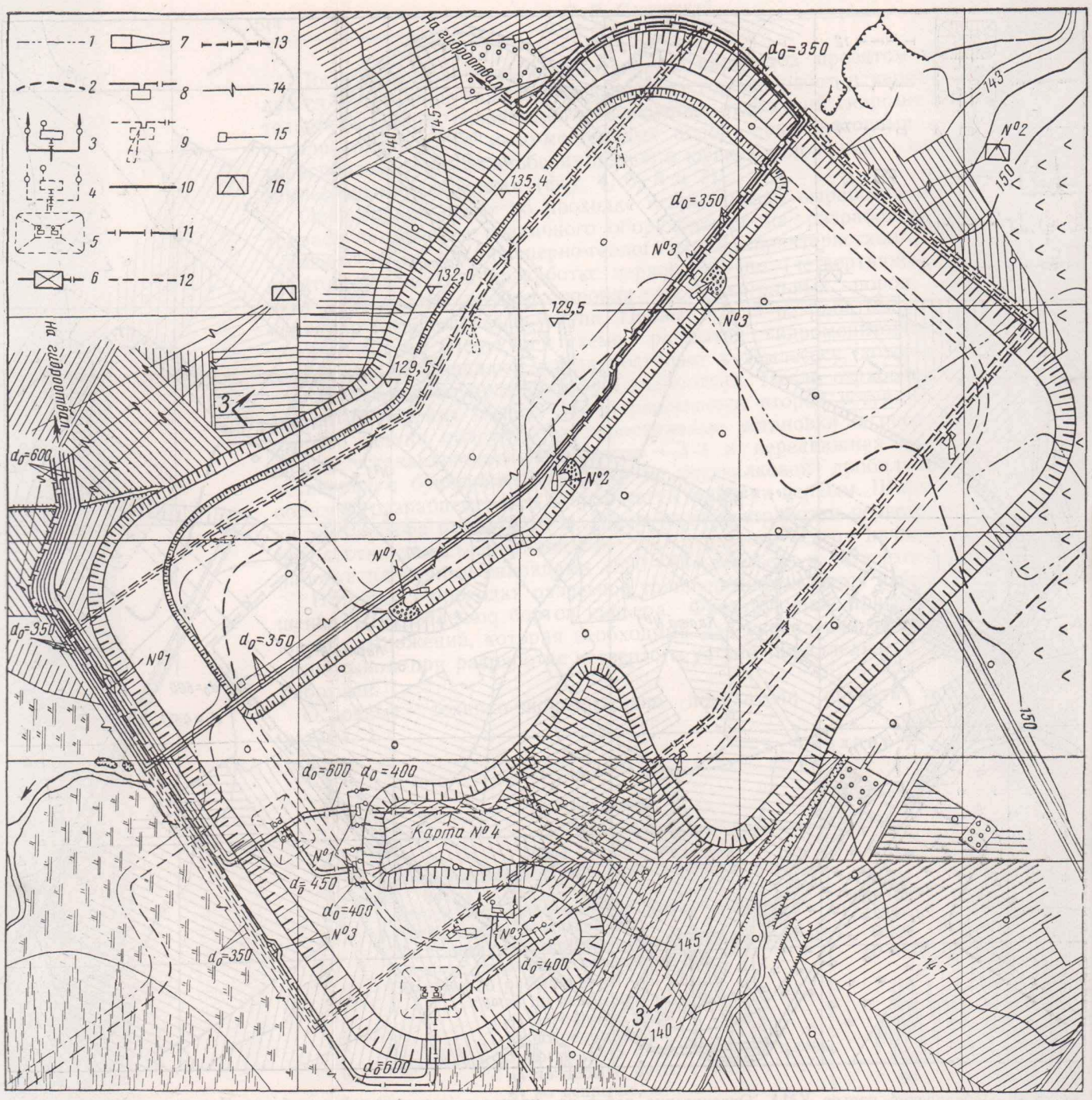
Наименование	Количество	1953 г. X	XI	XII	1954 г. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Разработка пионерных котлованов экскаватором ЭШ-4/40 на карте № 1 в навал, м³	13360															
На карте № 2	11700															
На карте № 3	52630															
На карте № 4																
Котлован № 1	8360															
Котлован № 2	17570															
Монтаж забойных землесосно-гидромониторных установок, уст	3															
Монтаж трубопроводов, км	5,67															
Монтаж передвижных земстанций второго подъема	3															
Гидромониторная разработка I уступа вскрывающей выработки																
Карта № 1																
Земустановка № 1, т·м³	758															
Карта № 2																
Земустановка № 2	1218															
Земустановка № 1	364															
Карта № 3																
Земустановка № 3	940															
Карта № 4																
Земустановка № 3	424															
Земустановка № 1	239															
Уборка недомыва и планировка уступов бульдозером, т·м³	41—73															
Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов	—															
Откачка воды из вскрывающей выработки	—															

Основные объемы, оборудование и трубопроводы

Объем работ	Карты № 1	№ 2	№ 3	№ 4	Всего
Гидромониторная разработка I уступа вскрывающей выработки с напорным гидротранспортом, т · м³	739	1572	930	651	3892
Уборка недомыва бульдозером с напорным гидротранспортом	9	10	10	12	41
Итого	748	1582	940	663	3933

Оборудование и трубопроводы	К началу основных работ	Дополнительно на максимум	К началу основных работ	Дополнительно на максимум	К началу основных работ	Дополнительно на максимум	К началу основных работ	Дополнительно на максимум	Общая потребность	Перекладка труб	Примечание
Забойные землесосы $Q = 2200$ м³/час, $H = 42$ м с электродвигателями, шт	2	—	2	—	2	—	2	—	6	—	Для разработки карты № 4 используется оборудование и трубопроводы с карт № 1 и 3
Гидромониторы $d_0 = 300$ мм	4	—	4	—	4	—	4	—	12	—	
Землесосная станция второго подъема с землесосными агрегатами $Q = 2200$ м³/час, $H = 130$ м	2	—	2	—	—	—	4	—	4	—	
$Q = 2200$ м³/час, $H = 100$ м с электродвигателями, агр.	—	—	—	—	2	—	—	—	2	—	
Карьерные пульповоды, d_0=450 мм, м	560	130	680	510	1520	—	1260	510	3400	2710	
Карьерные водоводы, $d_0 = 600$ мм, м	560	130	680	510	1520	—	1260	510	3400	2710	
Забойные водоводы $d_0 = 400$ мм, м	50	450	50	450	50	450	100	650	1500	8380	
Бульдозер Д-157 на тракторе С-80, шт.	—	1	—	—	—	1	—	—	2	—	

Примечание. Разрезы 1—1 и 2—2 см. на фиг. 7 (1,2).



Фиг. 5. Лебединский карьер КМА. Организация работ по проходке вскрывающей выработки (I вариант, II уступ, план)

1 — нулевой контур рудной залежи; 2 — контур залежи по изолинии 5 м мощности; 3 — забойная землесосно-гидромониторная установка; 4 — конечное положение забойной установки; 5 — пионерный котлован с установкой землесосов в начале работ; 6 — землесосная станция второго подъема; 7 — экскаватор СЭ-3, механическая лопата; 8 — передвижная землесосная установка с бункером-смесителем; 9 — начальное и конечное положение экскаватора и передвижной землесосной установки; 10 — водовод; 11 — пульповод; 12 — начальное и конечное положение водовода; 13 — начальное и конечное положение пульповода; 14 — ЛЭП 6 кв; 15 — концевая опора; 16 — передвижная электрическая подстанция 35/6 кв

График работ

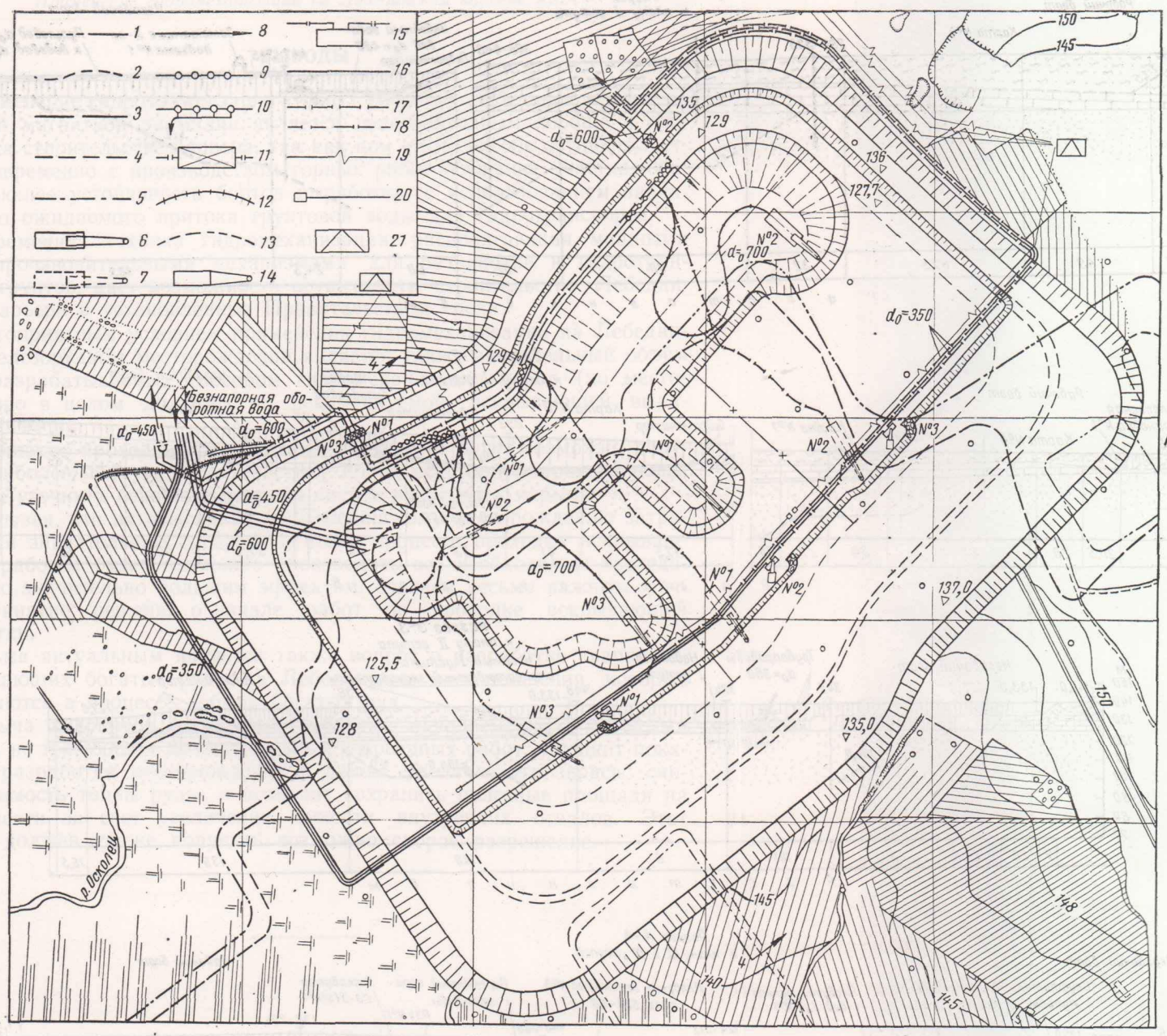
Наименование	Количество	1954 г. IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1955 г. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Разработка траншеи экскаватором ЭШ-4/40 в навал, т. м³	133			■																		
Монтаж и установка экскаватора СЭ-3/у и подземной землесосной установки в забое, уст.	3			■	■	■																
Монтаж трубопроводов, км	3,48			■	■																	
Разработка мелового уступа экскаватором на гидротранспорт																						
СЭ-3/у № 1, т · м³	964				■	■	■	■							■	■	■	■				
СЭ-3 у № 2 „ „	930				■	■	■	■							■	■	■	■				
СЭ-3/у № 3 „ „	760					■	■	■							■	■	■	■				
Откачка воды из вскрывающей выработки				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Зачистка и планировка уступов бульдозером, т · м²	36				■	■	■	■								■	■					
Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов					■	■	■	■	■						■	■	■					

Основные объемы работ, оборудование и трубопроводы

Объемы работ	Количество
Разработка вскрывающей выработки экскаватором СЭ-3, механическая лопата с гидротранспортом через передвижную установку (ПЗУ). Мело-мергельные породы, II уступ	1988 т/м³
Сеноманские пески, II уступ	169 „
Недомыв четвертичных отложений, I уступ	497 „
Итого	2654 „

Оборудование и трубопроводы	К началу работ	Дополнительно на максимум	Общая потребность	Перекладка труб
Экскаватор СЭ-3, механическая лопата с удлиненным рабочим оборудованием, ковш емкостью 3 м³, шт.	3	—	3	—
Передвижная землесосная установка с бункером-смесителем и дробилкой, шт.	3	—	3	—
Карьерные пульповоды d_0 = 350 мм, стыки фланцевые, м	2070	1330	3400	51 000
Карьерные водоводы d_0 = 350 мм, стыки фланцевые, м	1410	1370	2780	51 000
Бульдозер Д-157 на тракторе С-80 (используется с I уступа), шт.	2	—	2	

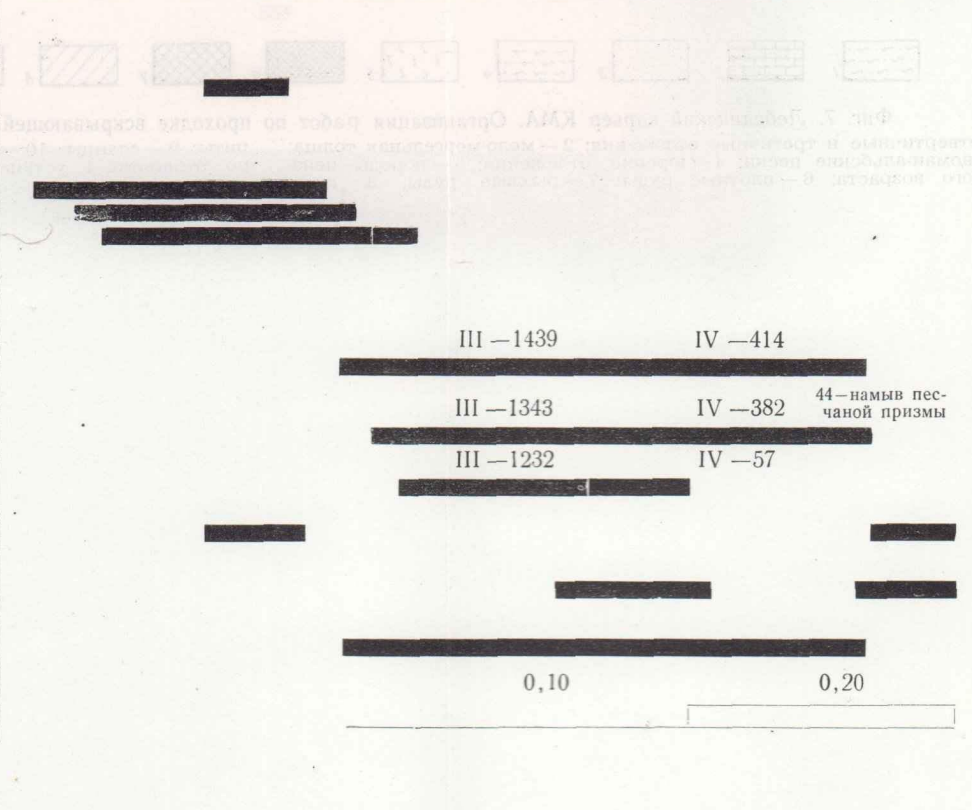
Примечание. Разрез 3—3 см. на фиг. 7 (3). Объемы работ, необходимое оборудование, трубопроводы и график работ по разработке III и IV уступов показаны на фиг. 6.



Фиг. 6. Лебединский карьер КМА. Организация работ по проходке вскрывающей выработки (I вариант. III и IV уступы, план)

1 — нулевой контур рудной залежи; 2 — контур рудной залежи по изолинии 5 м мощности; 3 — граница блоков земснаряда; 4 — граница заходок земснаряда; 5 — контур пионерного котлована и первых двух траншей; 6 — плавучий землесосный снаряд типа «500-60»; 7—начальное и конечное положение земснаряда; 8—направление движения плавучего земснаряда; 9—начальное положение сгустителя; 10 — сгуститель пульпы со сбросом осветленной воды; 11 — землесосная станция второго подъема; 12 — плавучий пульповод; 13 — начальное и конечное положение плавучего пульповода; 14 — экскаватор, механическая лопата СЭ-3; 15 — передвижная землесосная установка с бункером-смесителем; 16 — водовод; 17 — пульповод; 18 — начальное положение пульповода; 19 — ЛЭП 6 кв; 20 — концевая опора; 21 — передвижная электрическая подстанция 35/6 кв

График работ



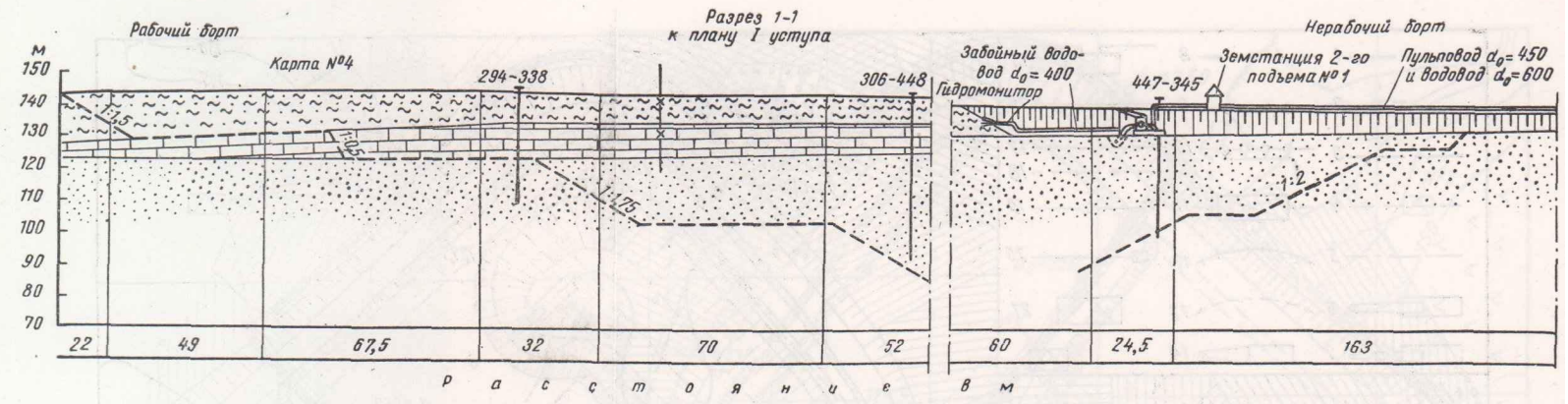
Наименование	Количество
Разработка пионерного котлована экскаватором ЭШ-4/40 в навал, шт	60 000
Монтаж плавучих земснарядов на площадке, спуск в котлован и демонтаж на плаву	
з/с № 1	—
з/с № 2	—
з/с № 3	—
Разработка вскрывающей выработки плавучими земснарядами, тыс. м³	
з/с № 1	1853 уступ
з/с № 2	1725 „
з/с № 3	1289 „
Откачка воды из вскрывающей выработки	—
Зачистка и планировка уступов бульдозером, тыс. м²	166
Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов	—
Интенсивность понижения уровня воды в карьере (в м/сут)	—

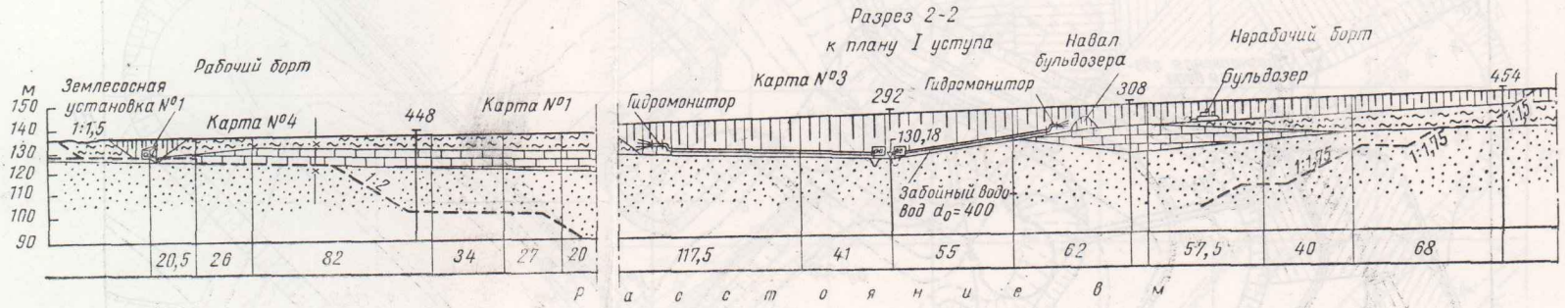
Основные объемы, оборудование и трубопроводы

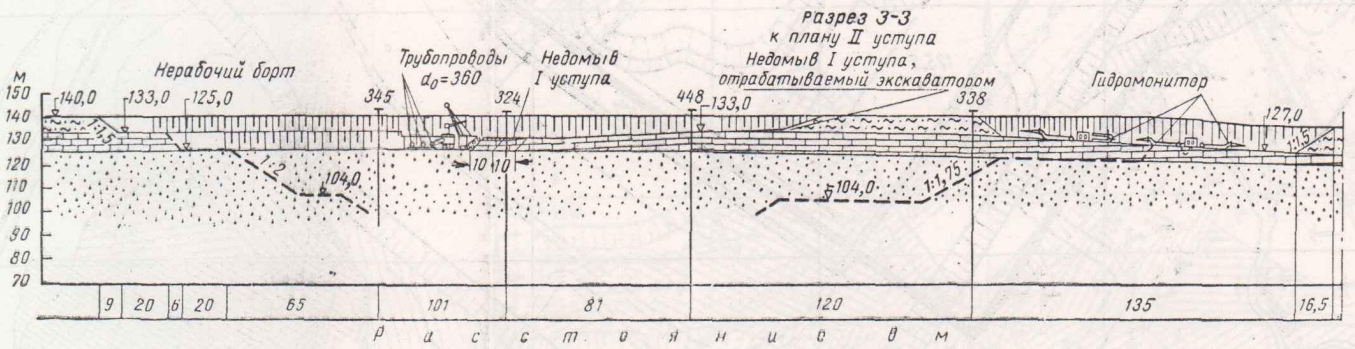
Объем работ	Уступы III, земснаряды 1	III, 2	III, 3	IV, 1	IV, 2	IV, 3	Всего
Разработка вскрывающей выработки плавучими землесосными снарядами, тыс. м³	1439	1343	1231	414	382	57	4866
Итого		4013			853		
В том числе попутно:							
Намыв песчаной призмы на нерабочий откос юрских отложений, м³	44 000 (земснаряд, № 2)						

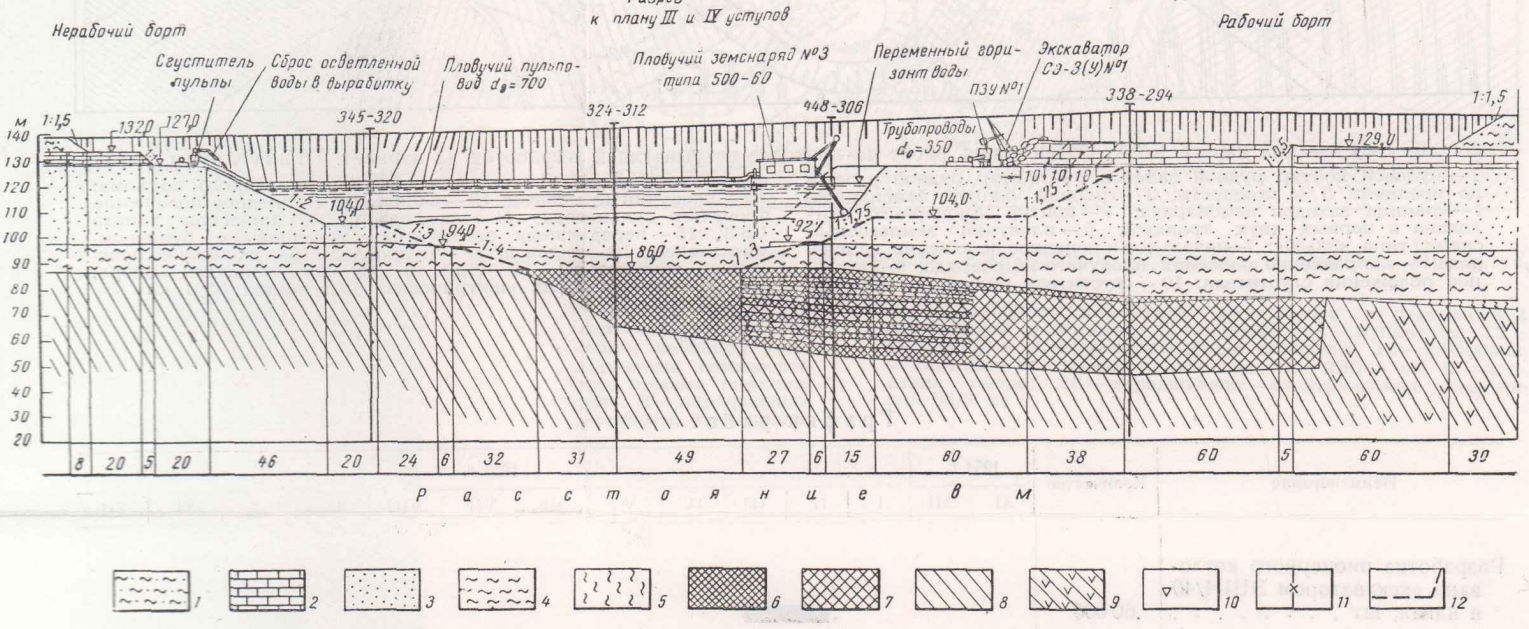
Оборудование и трубопроводы	К началу работ	Дополнительно на максимум	Используются существующие	Дополнительно	Общая потребность	Перекладка труб
Плавучий землесосный снаряд тип. „500-60“, шт.	2	1	2	—	3	—
Сгуститель пульпы, компл.	2	3	2	—	5	—
Землесосная станция 2^{20} подъема с землесосными агрегатами Q = 1700—1825 м³/час, H = 130 м;	2	—	2	—	2	—
Q = 1700—1825 м³/час, H = 100 м с электродвигателями	4	—	2	—	4	—
Плавучий пульповод d_0 = 700 с шаровыми соединениями, м	640	320	460	—	960	—
Карьерный пульповод с фланцевыми стыками по поверхности земли, м						
d = 700 мм	80	40	120	—	120	320
d = 600 мм	780	410	500	—	1190	—
Водовод подкачки оборотной воды с фланцевыми стыками, м						
d_0 = 600 мм	420	80	500	—	500	—
d_0 = 450 мм	210	250	140	—	400	120
Бульдозер Д-157 на тракторе С-80 (используется с I уступа), шт.	—	2	2	—	2	—

Примечание. Разрез 4—4 см. на фиг. 7 (4). Объемы работ, необходимое оборудование, трубопроводы и график работ по разработке II уступа показаны на фиг. 5.









1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Фиг. 7. Лебединский карьер КМА. Организация работ по проходке вскрывающей выработки (I вариант, разрезы)

1 — четвертичные и третичные отложения; 2 — мело-мергельная толща; 3 — сеноман-альбские пески; 4 — юрские отложения; 5 — породы неизвестного возраста; 6 — плотные руды; 7 — рыхлые руды; 8 — кварциты; 9 — сланцы; 10 — отметки площадок уступов; 11 — граница карт по отработке I уступа; 12 — положение борта выработки к концу вскрытия

ВЫВОДЫ

Применение гидромеханизации горных работ на Лебединском карьере Курской магнитной аномалии является целесообразным вообще и особенно на строительстве карьера, так как при этом способе осуществляется одновременно с производством горных работ осушение участка, обеспечивающее устойчивость бортов выработки, с использованием значительного ожидаемого притока грунтовой воды для гидротранспорта.

Современная техника гидромеханизации, располагающая мощными высокопроизводительными механизмами для разработки и гидротранспорта грунтов, даст возможность осуществить строительство Лебединского карьера в установленные Правительством сроки.

Благоприятным условием применения гидромеханизации на Лебединском железорудном месторождении является также значительный объем легко разрабатываемых способом гидромеханизации пород (по месторождению в целом до 70%, по рекомендуемой вскрывающей выработке до 90%).

В процессе проходки вскрывающей выработки будет возможно получить наиболее полную характеристику пород вскрыши и притока воды, а также уточнить основные вопросы систем разработок карьера.

Учитывая, что на изыскания по Лебединскому месторождению затрачиваются значительные средства и что в процессе проходки вскрывающей выработки будет возможно производить все необходимые исследования со значительно бóльшим эффектом, считаем весьма важным срочное принятие решения о начале работ по проходке вскрывающей выработки.

Весьма актуальным является также вопрос о разработке кварцитов, подстилающих богатые руды на Лебединском месторождении, которые вскрываются в процессе добычи богатых руд.

Добыча кварцитов открытыми работами одновременно с богатыми рудами, не требующая дополнительных вскрышных работ, улучшит показатели разработки месторождения в целом, увеличив его запасы, снизив стоимость тонны руды, и позволит сохранить полезные площади на поверхности за счет увеличения емкости внутренних отвалов. Этот вопрос должен также получить возможно скорое разрешение.

В. Н. ВОРОНИН, А. Е. СМОЛДЫРЕВ, В. С. НИКИТИН
и В. И. УСКОВ

БОРЬБА С ПЫЛЬЮ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ НА ОПЫТНОМ КВАРЦИТОВОМ РУДНИКЕ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

С 1953 г. Лаборатория рудничной аэрологии Института горного дела (ИГД) АН СССР проводит в условиях опытного кварцитового рудника комбината КМАруда исследования по разработке эффективных средств борьбы с рудничной пылью, вызывающей заболевания горнорабочих силикозом.

Железистые кварциты, по данным Геологического отдела комбината КМАруда, содержат от 35 до 43% свободной двуокиси кремния в монолите, а встречающийся здесь безрудный кварцит содержит 70—80% SiO_2. Такое содержание SiO_2 дает основание отнести кварцитовый рудник к весьма опасным по силикозу.

Борьба с рудничной пылью представляет одну из наиболее важных научных и практических задач для всего железорудного бассейна.

Разработка железистых кварцитов в условиях КМА является новым, технически сложным делом для отечественной промышленности, что обусловливает многие производственные трудности при эксплуатации опытного рудника.

ЗАПЫЛЕННОСТЬ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ И ПРОВЕТРИВАНИЕ

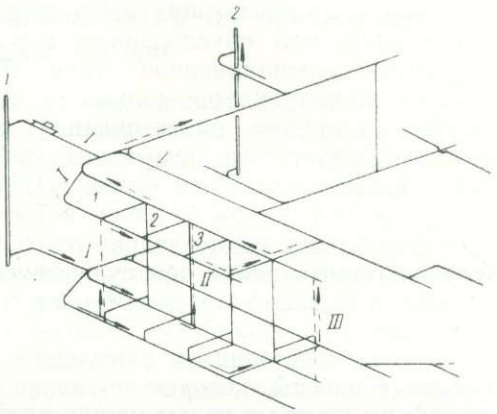
Ниже приводятся результаты инженерного обследования опытного рудника, проведенного в начале 1954 года. Обследование предшествовало работам бригады Института горного дела АН СССР.

Вентиляция. Проветривание рудника осуществляется всасывающим осевым вентилятором ЦАГИ модели 2В18, установленным на поверхности скипового ствола № 2. Свежий воздух поступает в рудник по стволу № 1 на горизонт 125 м, где омывает рабочие забои, и через восстающие выработки очистных камер (гезенки, щели) выходит на горизонт 71 м, откуда по вентиляционному штреку выдается через ствол № 2 на поверхность (фиг. 1).

Производственная схема распределения воздуха по выработкам показала недостаточную интенсивность воздушных струй, отсутствие регулирования количества воздуха по отдельным выработкам, неудовлетворительное состояние вентиляционных сооружений. Скорость движения воздуха в большинстве выработок была ниже 0,25 м/сек; для проветривания использовалось 7,8 м³/сек, т. е. примерно 2,4 м³/мин на одного подземного рабочего, и непроизводительные потери воздуха составляли 180% от подаваемого количества.

Рудник не располагал достаточно обоснованной схемой проветривания (удаление газа и пыли). Принятая схема нарезных работ предусматри-

вает наличие в каждом блоке одного гезенка, оборудованного лестничным отделением. Эти гезенки имеют большое аэродинамическое сопротивление и практически каналами для канализации воздуха на верхний горизонт служат разрезные щели. Воздух, проходя через отбитую руду, сдувает с нее пыль и выходит с содержанием пыли, превышающим санитарные нормы в 2—2,5 раза.



Фиг. 1. Схема вентиляции рудника

Вариант системы с горизонтом скреперования и подготовкой площадок в камерах для станков глухими заходками является наиболее приемлемым. Преимущество этого варианта заключается в отсутствии откаточных ортов на нижнем горизонте, несколько меньшем объеме восстающих выработок, в простоте проветривания глухих заходок, что дает возможность изолировать воздушную струю из разрезной щели и упростить схему вентиляции рудника. В этом случае требуется меньшее количество воздуха, необходимого для противопылевого проветривания камер.

При таком положении улучшение вентиляции явилось первоочередной задачей, без решения которой основной вопрос борьбы с пылью был бы беспредметен.

Запыленность рудничной атмосферы. Все подготовительные, нарезные и очистные выработки рудника проходятся в железистых кварцитах.

Концентрация пыли в воздухе, по данным наших анализов, а также пылевой лаборатории ВГСЧ, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование выработки	Запыленность по весовому способу в мг/м³	Место взятия пылевых проб
Глухие горизонтальные выработки	10—180	В зоне дыхания бурильщиков при работе двух буровых молотков
Восстающие выработки[1]	—	В зоне дыхания бурильщиков при работе одного бурового молотка
Камеры	8—11,0	На верхнем горизонте, за счет паления негабаритов
Камера дробления	8—290	Рабочее место машиниста

[1] По счетному способу запыленность составляет $20 \div 12 \cdot 10^3$ частиц/см³.

Как следует из табл. 1, показатели запыленности во всех выработках значительно превышают санитарные нормы, причем содержание частиц размером до 2 μ по счетчику СН-2 составляет 80—95%.

Основными источниками пылеобразования можно считать следующие процессы: бурение шпуров, взрывные работы, вторичное дробление, погрузка и разгрузка руды.

Бурение шпуров с промывкой при проходке горизонтальных выработок производится двумя молотками. При проходке ортов горизонтов скреперования, грохотов и воронок вентиляторы частичного проветривания почти не применяются.

При проведении квершлагов и штреков имеет место систематическое отставание отсасывающих вентиляционных труб не менее 20—25 м от груди забоя, что обусловливает в рабочем месте бурильщика полное отсутствие вентиляционной струи. Призабойное пространство во всех случаях проветривается только за счет отработанного воздуха. Вентиляторы частичного проветривания использовались здесь только для взрывных работ. При погрузочных работах в горизонтальных выработках при помощи погрузочной машины ПМА-5 запыленность воздуха немного ниже, чем при чистом бурении, и достигает $5 \cdot 10^3$ частиц/см^3.

Значительная концентрация проходческих и нарезных работ по плану ведения горных работ при существующем состоянии общей вентиляции рудника в большой степени обусловливает тяжелую пылевую обстановку в руднике.

Основным источником запыленности рудничной атмосферы являются взрывные работы, которые по влиянию их на запыленность рудничной атмосферы шахты в целом можно разделить на три группы: 1) массовый взрыв, 2) взрывные работы, 3) паление негабарита.

Образующиеся при массовом взрыве большие количества пыли непосредственной опасности не представляют, так как все рабочие оставляют рудник, который проветривается затем в течение двух смен.

При этом значительная часть мелкой дисперсной пыли выносится воздушной струей из шахты, а некоторая часть пыли садится на влажные стенки выработок и в дальнейшем сдувается потоками воздуха.

По нашим замерам, произведенным через 15 минут после паления шпуров в глухой горизонтальной выработке, концентрация пыли в воздухе в 10 м от забоя составляет в среднем $8 \cdot 10^3$ частиц/см^3. Наиболее активным источником пылеобразования и заражения всей рудничной атмосферы пылью является дробление негабарита взрывчатого вещества. Большой выход негабарита (до 50%) требует производства на грохотах в среднем 20—24 палений в смену. При этом всего взрывается 160—200 кг взрывчатых веществ. Рудничный воздух насыщается пылью не только вследствие раздробления кусков руды, но и сдуванием ее со стенок выработок взрывной волной. Концентрация пыли в струе воздуха, исходящей с горизонта грохотов при благоприятном проветривании, составляет 6—8 тыс. частиц/см^3 в течение 10 минут после взрыва и снижается затем в последующие 15—20 минут до 1,5—2 тыс. частиц/см^3.

Выгрузка руды из люков, расположенных на всем протяжении вентиляционной струи, обусловливает запыленность воздуха до 1000—1500 частиц/см^3.

Для борьбы с пылью в руднике применялись следующие технические мероприятия: бурение шпуров с промывкой, орошение отбитой руды перед погрузкой.

Расположенный вблизи ствола № 1 энергопоезд в значительной степени загрязняет поступающий в шахту воздух угольной пылью. Запыленность его колеблется в пределах 200—1200 частиц/см^3 в ветреную погоду и 45—70 частиц/см^3 без ветра.

Хотя вредное действие угольной пыли значительно ниже кварцевой, но ее наличие в воздухе затрудняет контроль запыленности рудничной атмосферы.

Сильная запыленность рудника, а также существенные недостатки проветривания объясняются во многом тем, что очистные работы здесь начались недавно; инженерно-технические мероприятия по вентиляции и борьбе с пылью еще в достаточной степени не обоснованы.

ПРИНЯТЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВЕНТИЛЯЦИИ И БОРЬБА С ПЫЛЬЮ

Обследование запыленности и условий проветривания в руднике, а также выполненные бригадой замеры некоторых необходимых данных для расчета вентиляционной сети дали возможность начать разработку и внедрение неотложных технических мероприятий, улучшающих условия труда.

Выбор способа борьбы с пылью. Принятый способ борьбы с пылью в условиях кварцитового рудника должен был удовлетворять следующим требованиям: 1) обеспечения неотложности широкого внедрения противопыльных мероприятий в возможно короткий промежуток времени; 2) возможности создания благоприятных условий для производительной работы горнорабочих в соответствии с Правилами безопасности; 3) обеспечения эффективности подавления пыли при наименьшей стоимости используемых технических средств: 4) простоте осуществления и надежности действия; 5) минимальным затратам времени на вспомогательные операции.

Анализируя известные в настоящее время способы борьбы с пылью, авторы пришли к выводу, что наиболее простым и вместе с тем максимально удовлетворяющим перечисленным требованиям способом борьбы с пылью является широкое применение воды для подавления пыли в комплексе с интенсивной противопылевой вентиляцией рабочих мест. Кроме того, в отдельных случаях к этому целесообразно добавить местную очистку запыленной отработанной струи.

Применение на практике такого комплекса намечалось на протяжении многих лет, однако применение его задерживалось отсутствием правильной методики определения требующегося по пылевому фактору количества воздуха.

В 1952 г. Лабораторией рудничной аэрологии ИГД АН СССР было закончено многолетнее исследование по изучению противопыльных вентиляционных режимов в рудниках. Промышленности передано «Руководство по проектированию и практическому ведению противопыльных вентиляционных режимов в рудниках» (Отчет ИГД АН СССР за 1952 г.). В работе установлено, что при создании соответствующего противопыльного режима проветривания рабочих мест в комплексе с применением воды для подавления пыли может быть достигнуто снижение запыленности рудничной атмосферы до санитарной нормы.

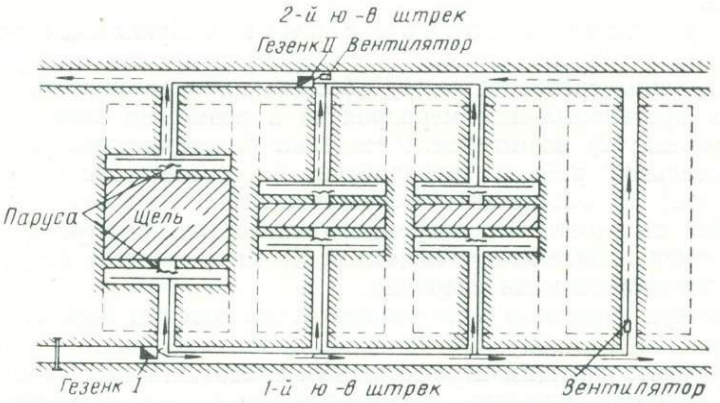
В связи с этим был принят следующий комплекс борьбы с пылью: 1) установление противопыльного режима проветривания с подачей в рабочее место свежего воздуха в количестве, достаточном для выноса пыли, без сдувания ее со стенок выработки и с отбитого полезного ископаемого, и разжижение ее до санитарной нормы в соответствии с «Руководством» ИГД АН СССР; 2) широкое применение воды для подавления пыли (при бурении, взрывании шпуров, для орошения отбитой руды и стенок выработок и т. п.); 3) обеспыливание в отдельных случаях отработанной струи.

Задача дальнейших исследований состоит в том, чтобы в условиях опытного кварцитового рудника уточнить или наиболее целесообразно изменить характеристики противопыльного режима.

Схема противопыльной вентиляции для рудника. Бригадой разработана и комбинатом КМАруда принята схема противопыльной вентиляции с последовательным проветриванием рабочих горизонтов.

Установление схемы противопыльной вентиляции является важнейшим звеном в переводе рудника на противопыльный режим проветривания.

На фиг. 1 показана схема вентиляции трех камер (*1, 2, 3*) первой панели при помощи специальных блоковых вентиляционных гезенков (показаны пунктиром). Гезенки *I и II* подают свежий воздух для глухих заходок камер. Вентиляция их осуществляется вентиляторами частичного проветривания (фиг.2). Паруса, перекрывающие подэтажные орты



Фиг. 2. Принципиальная схема проветривания верхнего горизонта

на верхнем горизонте, позволят полностью изолировать большие очистные пространства, объемы которых достигают 48 тыс. м³.

Гезенк *III* служит для выдачи загазованного и запыленного воздуха с нижнего горизонта. Следовательно, весь отработанный воздух поступает в ствол только по среднему штреку.

Из фиг. 2 следует, что по рекомендованной схеме подача свежего воздуха на верхний горизонт осуществляется по специальным блоковым вентиляционным гезенкам — по штрекам. В основе перевода рудника на противопыльный режим лежит создание условий для поступления в основные горные выработки, определяющие производственный процесс, достаточного количества свежего воздуха и удаление запыленных вентиляционных струй по отдельным обособленным выработкам.

Неотложные технические мероприятия по улучшению вентиляции. В 1953 г. на кварцитовом руднике были начаты работы по осуществлению ряда технических мероприятий.

Для увеличения производительности главной вентиляционной установки произведено максимальное по установленной мощности двигателей регулирование вентиляторов. Угол поворота лопастей колес изменен с 15 до 30°у одного вентилятора и с 15 до 25° у другого.

Наряду с этим производились работы по приведению вентиляционных сооружений в порядок по Правилам безопасности.

Неотложные технические мероприятия по борьбе с пылью. Одновременно с работами по улучшению вентиляции в руднике производились испытания оросителей системы Нигризолото и местной конструкции.

Бригадой, совместно с комбинатом КМАруды, разработаны технические мероприятия в целях снижения запыленности рудничной атмосферы.

Основные из этих мероприятий следующие: установка оросителей в местах погрузки и разгрузки руды, применение водяных завес при ведении взрывных работ в глухих выработках, использование вентиляционных установок частичного проветривания для противопыльного проветривания при бурении и погрузке руды в горизонтальных выработках и др.

До введения в эксплуатацию блоковых вентиляционных гезенков с целью подачи на верхний горизонт свежего воздуха по второму юго-восточному штреку (горизонт —71 м) оборудована специальная вентиляционная установка.

Начата проходка специального блокового вентиляционного гезенка по первому юго-восточному штреку.

Результатом осуществления в руднике неотложных технических мероприятий явилось некоторое улучшение пылевой обстановки. В табл. 2 представлены результаты замеров прибором ИГД АН СССР запыленности воздуха в рабочих местах опытного рудника на 21 октября 1953 г.

Таблица 2

Наименование объектов	Рабочее место	Условия проветривания	Запыленность в мг/м³
Вентиляционная сбойка, горизонт — 71 м	В зоне дыхания бурильщика при работе одного бурового молотка	Интенсивная вентиляция по трем восстающим штрекам	3,28
Камера № 2, панель 1	В зоне дыхания скрепериста (по восстающему штреку)	Интенсивная струя с первого южного восстающего штрека	2,50
Рудный двор ствола № 2	Вблизи подземной подстанции в магистральной выработке	Интенсивная свежая струя	2,00
Разгрузочный пункт рудного двора ствола № 2	В зоне дыхания рабочих по разгрузке вагонеток	Интенсивная свежая струя по магистральной выработке	3,70
Дробильная камера	Вблизи дробильного органа машины	Вентиляция свежей струей с магистральной выработки и орошение распылителями	3,20

Обеспечение рудника количеством воздуха, потребным по противопыльному режиму. Осуществление изложенных выше неотложных технических мероприятий существенно улучшило вентиляцию и пылевую обстановку в шахте. Количество поступаемого в шахту воздуха увеличилось вдвое.

Как показали данные по замеру мощности электрических моторов главных вентиляторов, дальнейшее повышение их производительности поворотом лопастей колеса невозможно.

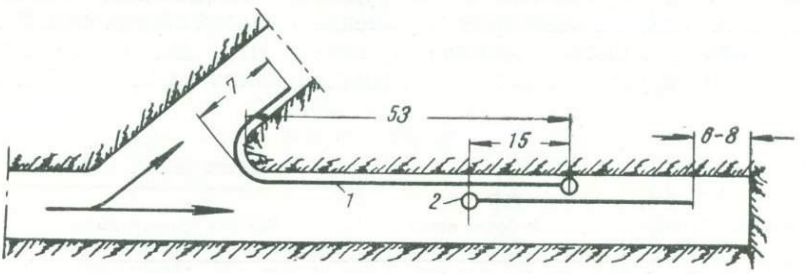
В связи с этим вместо двух электромоторов, мощностью 95 квт каждый, поставлены моторы по 185 квт, что дает возможность увеличить производительность вентиляционной установки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ В ОТДЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

После проведения в шахте неотложных технических мероприятий бригада ИГД АН СССР приступила к исследованию, а затем к внедрению принятого способа борьбы с пылью в различных выработках.

Противопыльный режим при проведении глухой горизонтальной выработки. Для исследования эффективности принятого метода борьбы с пылью при проведении глухой горизонтальной выработки в условиях кварцитового рудника был выбран первый южный восстающий штрек (горизонт —125 м).

Условия проведения данной выработки оказались наиболее благоприятными и по возможности проветривания свежей струей. Отметим, однако, что, вследствие загрязнения поступающей в шахту воздушной струи, в основном дымом энергопоезда, запыленность у входа в выработку составляла 200—300 частиц/см³.



Фиг. 3. Схема комбинированного проветривания 1-го южного восстающего штрека по пылевому фактору

На фиг. 3 представлена комбинированная схема проветривания, смонтированная в первом южном восстающем штреке. Производительность вентиляционных установок регулировалась накладкой на всасывающий патрубок вентилятора пластин круглой формы из толя различного диаметра. Применялись вентиляторы типа ВМ-200. Отсасывающий став *1* собран из металлических труб диаметром 400 мм, а нагнетательный *2*—300 мм.

Опыты проводились при осуществлении обычных производственных процессов в забое.

Для установления противопыльного режима проветривания, считая основным процесс бурения шпуров, по расчетам нужно подать в забой на один буровой молоток примерно 0,77 м³/сек воздуха.

Опыт показал, что при подаче в призабойное пространство 0,8 м³/сек воздуха нагнетательным трубопроводом, производительности отсасывающего состава 1,1 м³/сек и отставании конца нагнетательного трубопровода от груди забоя 6—8 м, запыленность рудничной атмосферы составляет по счетчику СН-2.

1) при бурении шпуров в зоне дыхания бурильщика при работе двух буровых молотков — около 1200 частиц/см³;

2) при погрузке руды машиной ПМЛ-5 в зоне дыхания машиниста— около 1000 частиц/см³.

Запыленность рабочих мест в обычных условиях без противопыльного режима проветривания составляет: при бурении 4000—8000 частиц/см³, а при погрузке — 5000 частиц/см³.

Заметим, что рабочие места бурильщика и машиниста погрузочной машины тщательно подготавливались. Отбитая руда обильно смачивалась из шланга. Стенки и кровля выработки обмывались на расстояние

до 15 м от груди забоя. Устранялись утечки запыленного воздуха из отсасывающего трубопровода.

Опыты показали, что комплекс средств борьбы с пылью обеспечивает снижение запыленности воздуха до величины, близкой к норме.

В настоящее время комбинатом КМАруда данный комплекс принят при проведении горизонтальных выработок главного направления.

Противопыльный режим в камере дробления. Проветривание камеры дробления объемом 675 м³ ранее осуществлялось естественной тягой, однако скорость воздуха была столь мала, что даже при продолжительной остановке дробилки концентрация пыли в воздухе не снижалась менее 22,6 мг/м³.

Исследования были начаты с определения основных очагов пылеобразования.

Показатели запыленности воздуха в дробильной камере представлены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация пыли		Место забора	Время взятия пробы
частиц/см³	мг/м³		
1202	22,6	Рабочее место машиниста	Дробилка не работает
2432	33,3		Начало работы
10422	290,0		Через 65 мин.
23870	—		„ 100 „

Среднее содержание пыли в воздухе, по нашим данным и данным пылевой лаборатории КМА, превышало санитарные нормы в 15—20 раз.

Наибольшая интенсивность пылевыделения в количестве около $925 \cdot 10^7$ частиц/сек наблюдалось при дроблении сухой крупнокусковатой руды при производительности дробилки 90 т/час.

При дроблении мокрой руды интенсивность пылевыделения снижается до $135 \cdot 10^7$ частиц/сек, т. е. равна интенсивности пылевыделения при работе четырех бурильных молотков.

Очаги образования пыли в камере можно разбить на два типа: а) первичного пылеобразования; б) вторичного пылеобразования.

К первому типу относятся: место сопряжения лотка бункера с пластинчатым питателем (точка *1*) и щеки дробилки (точки *2*, *3*). В этих местах пыль образуется при разрушении руды.

Ко второму типу относятся площадки дробилки и стенки камеры. Пыль, осевшая на них, поднимается в воздух вследствие создаваемых движущимися частями машины токов воздуха.

Для борьбы с пылью в камере дробления в соответствии с выбранным способом был осуществлен следующий комплекс средств: отсасывающая схема вентиляции в комплексе с водяными завесами, локализирующими основные очаги пылевыделения, при регулярном омывании стенок камеры и поверхности машины (фиг. 4).

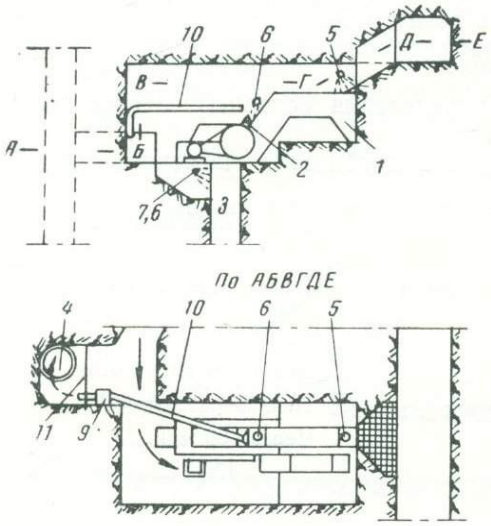
Вентиляционная установка рассчитана в соответствии с «Руководством» ИГД АН СССР.

В полученную по расчету величину количества воздуха, потребного по противопыльному режиму, была внесена поправка, учитывающая уменьшение интенсивности пылевыделения от применения водяных завес.

Параметры вентиляционных труб и расстояние конца става от щек дробилки были определены из условия захвата и выноса пыли.

По расчету здесь необходимо установить вентилятор производительностью 3,4 м³/сек с трубами диаметром не менее 400 мм, причем конец трубопровода должен отстоять от щек дробилки не далее 0,6 м.

Осуществленная в камере схема показана на фиг. 4. Подача необходимого количества воздуха осуществлялась вентилятором типа ВМ-200 (*9*) с трубами (*10*) диаметром 600 мм. Для создания воздушного потока чистого воздуха в камеру ствол № 2 (*4*) был отделен перегородкой (*11*).



Фиг. 4. Схема противопылевых мероприятий в камере дробления

Для создания водяных завес было установлено четыре оросителя (*5, 6, 7, 8*) конструкции Нигризолото. Эти оросители обеспечивают необходимый факел распыления тонкой водяной пыли и отличаются небольшими расходами воды. Для четырех оросителей при давлении в водопроводе 2—3 атм. расход воды составил всего 11—13 л на 1 т дробимой руды.

Наблюдения, проведенные в камере после монтажа всей схемы на протяжении шести месяцев, показали, что запыленность воздуха в рабочем месте машиниста близка к санитарным нормам.

Ввиду того что для проветривания камеры поступал воздух с содержанием пыли в пределах 1,5—4 мг/см³, запыленность воздуха в камере лежала в пределах 3,5—6 мг/м³.

Для доведения запыленности воздуха в камере до санитарной нормы необходимо подавать для проветривания камеры чистый воздух.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ПО БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ В ШАХТЕ

На ближайшее время можно наметить следующие основные мероприятия по борьбе с пылью в условиях опытного кварцитового рудника КМА.

1. Установление рациональной противопыльной схемы проветривания рудника.
2. Разработка эффективного комплекса средств борьбы с пылью при проведении восстающих выработок и нарезных горизонтальных выработок.
3. Применение местной очистки запыленной отработанной струи.
4. Усовершенствование приборов для контроля запыленности рудничной атмосферы.
5. Создание полезащитных средств для случаев работы в засечках, в восстающих и других горных выработках, где осуществление противопыльных мероприятий, например в начальной стадии проходки, затруднено.

И. Н. ПЛАКСИН, В. И. ТРУШЛЕВИЧ и А. С. СЛАДКОВ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА И БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Общепризнанной классификации железистых кварцитов КМА пока еще нет. Наиболее приемлемой, с точки зрения оценки обогатимости, является классификация, предложенная Н. А. Плаксенко [5], которая охватывает все встречавшиеся до сих пор типы железистых кварцитов КМА. Она базируется на оценке содержания рудного железа и минерального состава кварцитов.

В зависимости от содержания рудного железа все железистые кварциты подразделены на рудные и безрудные. К первым отнесены кварциты, содержащие 25% рудного железа и более, а ко вторым — содержащие меньше 25% рудного железа.

Рудные железистые кварциты, в свою очередь, разбиты на две группы первичные, не затронутые процессами выветривания и вторичные, образовавшиеся из первичных в зоне гипергенеза.

Каждая из названных групп, в зависимости от соотношения рудных минералов и состава вмещающих пород, делится на классы и типы, описание которых приводится ниже.

Первичные кварциты

В эту группу входят железистые кварциты, не затронутые процессами выветривания. Они залегают ниже зоны мартизации. Явления окисления рудных минералов в них почти отсутствует. Эта группа кварцитов содержит в основном первичный магнетит и гематит (железную слюдку) в разных соотношениях. Магнетит и гематит более поздней генерации (метасоматического происхождения) встречается в количествах, не превышающих 2—3% от общего содержания рудных минералов.

Метасоматический магнетит и гематит не имеют пространственной приуроченности в толще железистых кварцитов и не образуют самостоятельных горизонтов даже незначительной мощности.

Магнетит образует прослои, состоящие из отдельных зерен и агрегатов диаметром от 0,5 до 0,0015 мм и тоньше, сцементированных кварцем, имеющим примерно такую же крупность кристаллов.

Гематит представлен пылевидными включениями и агрегатами полигональной формы крупностью от 0,0035 до 0,0050 мм, ассоциированными с зернами кремневой кислоты одинакового или несколько меньшего размера.

По соотношению рудных минералов данная группа кварцитов делится на следующие три класса.

Магнетитовые кварциты содержат в основном магнетит, лишь в прослоях иногда наблюдаются включения тонких кристаллов гематита (железной слюдки), содержание которого не превышает 10% от общего количества рудных минералов. Исключением являются куммингтонито-магнетитовые, тремолито-магнетитовые и актинолито-магнетитовые кварциты, в которых железная слюдка отсутствует.

Деление кварцитов этого класса на типы определяется наличием нерудных компонентов (не считая кварца): карбонатов, куммингтонита, тремолита, актинолита, щелочных амфиболов, эгирина и биотита.

Железнослюдково-магнетитовые кварциты. Содержание магнетита преобладает или равно гематиту (железной слюдке). Последний занимает второе место и обычно представлен в количестве от 10 до 50% (относительно). Куммингтонит и тремолит в кварцитах данного класса не встречаются.

Подразделение на типы сделано в зависимости от присутствия значительных количеств щелочных амфиболов, эгирина, мусковита и серицита. Биотит и карбонаты встречаются во всех типах этого класса, но определяющего значения не имеют.

Магнетито-железнослюдковые кварциты. Главным рудным минералом является кристаллический гематит (железная слюдка), содержание которого в магнетито-железнослюдковых кварцитах изменяется от 50 до 90% и в железнослюдковых кварцитах — от 90 до 100% (относительно).

Магнетита содержится в магнетито-железнослюдковых кварцитах от 50 до 10% и в железнослюдковых — не более 10% от общего количества рудных минералов.

Чисто железнослюдковые кварциты имеют весьма ограниченное распространение в толще рудного тела, встречаясь в виде слоев незначительной мощности.

Деление на типы определяется наличием или отсутствием щелочных амфиболов и эгирина в кварцитах данного типа.

Вторичные кварциты являются продуктом выветривания первичных кварцитов. Их образование связано с процессами мартизации и гидрогематизации магнетита, гидрогематизации (окрасковання) и лимонитизации (обохривания) силикатных минералов и отчасти с явлениями сидеритизации, обусловившими образование богатых сидерито-мартитовых руд.

Залегают вторичные кварциты непосредственно под толщей осадочных пород в виде скоплений линзовидной формы, а иногда в виде узких клиновидных языков и выступов, вдавшихся в толщу первичных кварцитов.

Кварциты этой группы образуют один класс — мартитовый, в обогащенных участках которого содержание железа достигает 35—70%.

Богатые мартитовые кварциты обнаружены разведкой на следующих участках месторождения: Коробковском, Лебединском, Салтыковском, Щигровском, Льговском и др.

Вследствие сильного изменения и окрашивания силикатных минералов разделение мартитовых кварцитов на типы носит более схематичный характер и основывается только на соотношении рудных минералов.

В состав данного класса входят следующие типы.

1. Мартитовый, который характеризуется почти полной мартизацией магнетита и почти полным отсутствием его реликтов (до 10% относительно).

2. Сидерито-мартитовый, отличающийся от предыдущего наличием некоторого, иногда значительного, количества сидерита.

3. Магнетито-мартитовый характеризуется присутствием незамещенного магнетита в количестве 10—50% и мартита от 90 до 50% (относительно).

4. Мартито-магнетитовый, в котором преобладает магнетит (50—90%), а содержание мартита колеблется в пределах от 50 до 10% от общего количества рудных минералов.

5. Железнослюдково-мартитовый и мартито-железнослюдковый распознаются по наличию среди мартита пластинчатых кристаллов железной слюдки, содержание которой в первом типе имеет подчиненное значение, а во втором — она преобладает и определяется макроскопически.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОГАЩЕНИЮ КВАРЦИТОВ ЩИГРОВСКОГО РАЙОНА

Обогащение железистых кварцитов Щигровского района проведено впервые проф. В. И. Трушлевичем в 1924—1925 гг., т. е. сразу же за вскрытием разведкой ОК КМА рудоносного массива [6].

Испытанию на обогатимость были подвергнуты 9 керновых проб, отобранных с различных горизонтов месторождения при бурении скважин № 1, 4, 9, 10, 11 и 15. Рудные кварциты выделялись в технологические пробы путем распиловки керновых колонок. Брались по 50 мм от каждых 0,25 м керна (через 200 мм), т. е. 20% общей рудной массы.

Минералогическое исследование позволило установить, что пробы № 1, 2, 3, 5 и 6 являются магнетитовыми кварцитами, а в остальных пробах первичные рудные минералы оказались сильно затронутыми процессом мартизации, сидеритизации и другими; особенно эти изменения резко выражены в пробах № 7 и 9. Об этом свидетельствовал не только внешний вид кварцитов и преобладание вторичных рудных компонентов, но и слабые магнитные свойства железных минералов.

Изучение отдельных образцов и дробленых продуктов показало, что бóльшая часть магнетита, железной слюдки, мартита и других рудных минералов представлены во вмещающей породе в виде тонких включений и агрегатов крупностью от тысячных до сотых долей миллиметра, но в основной массе были не крупнее 0,15—0,20 мм; свободные зерна кварца содержались во всех классах мельче 3 мм.

Столь тонкая вкрапленность предопределила выбор крупности помола перед направлением железистых кварцитов в обогащение.

Первоначальные испытания выполнены на слабомагнитных сепараторах ленточного типа (сухом и мокром) в три стадии при дроблении исходной руды до — 3 мм и доизмельчении грубых магнитных концентратов до —1 и —0,2 или —0,137 мм (фиг. 1).

В табл. 1 представлены суммарные результаты по обогащению всех девяти проб, которые показывают, что магнетитовые кварциты обогащаются методом магнитной сепарации вполне удовлетворительно как по содержанию и извлечению железа в концентрат, так и по вредным примесям. Магнитные концентраты содержали 59,37; 63,30; 67,31% при извлечении соответственно 90,0; 92,6; 89,5%.

Кварциты, затронутые процессами выветривания, показали при испытании значительно худшие технологические результаты (например, по пробам № 4,7 и 8, сильно метаморфизованным, извлечение железа в магнитный концентрат не превышало соответственно 65—35—50%) или в некоторых случаях они совершенно не обогащаются в слабомагнитном поле (проба № 9).

Кроме отмеченного выше, опыты, выполненные по схеме, изображенной на фиг. 1, показали следующее.

1. Избранная конечная крупность измельчения — 0,2 мм в ряде случаев оказалась недостаточной, а выход чистых хвостов при обогащении в первой и второй стадии недопустимо мал — не превышал 7,5% (проба № 2), 9,9% (проба № 3) и 12,1% (проба № 6) от исходного.



Фиг. 1. Схема испытаний на обогатимость железистых кварцитов Щигровского района

2. Магнитная сепарация не может обеспечить получение удовлетворительных результатов по кварцитам, содержащим в значительных количествах слабомагнитные рудные минералы (первичный гематит, мартит и др.) и особенно по магнетито-железнослюдковым, магнетито-сидерито-мартитовым и сидерито-мартитовым разновидностям.

Дальнейшие исследования были сосредоточены на одностадиальном магнитном обогащении при доведении тонины помола до 100% —0,074 и —0,137 мм и применении флотации как универсального метода для извлечения слабомагнитных рудных минералов (гематита, сидерита и др.) из хвостов и промпродуктов магнитной сепарации, а также в целях замены электромагнитного обогащения флотационным [8, 9].

Ниже приводим результаты исследования, полученные В. И. Трушлевичем в 1929—1931 гг. при продолжении исследования на смеси керновых проб, охарактеризованных выше.

Был уточнен фактор крупности измельчения, магнитно-силовой и водный режимы работы мокрого электромагнитного сепаратора ленточного типа и найдены условия, позволившие впервые в отечественной и заграничной лабораторной практике применить к тонковкрапленным железным рудам флотационный метод обогащения.

В. И. Трушлевичем испытаны различные реагенты-собиратели (олеиновая кислота, олеат натрия, нафтеновая кислота, каменноугольные и древесные смолы, алкилдитиофосфат и др.), различные вспениватели и регуляторы флотации, но наилучший технологический эффект им был получен в этот период исследования на обесшламленной пульпе при реагентном режиме и pH среды, указанном в табл. 3. Опыт показал, что без удаления тонкодисперсных частиц (шламов) процесс флотации протекает неудовлетворительно, несмотря на повышенный расход реагентов и принятие мер по нейтрализации вредного действия шламов на флотируемость рудных зерен нормальной крупности.

Введение обесшламливания пульпы явилось ключом к разрешению проблемы флотации железистых кварцитов КМА.

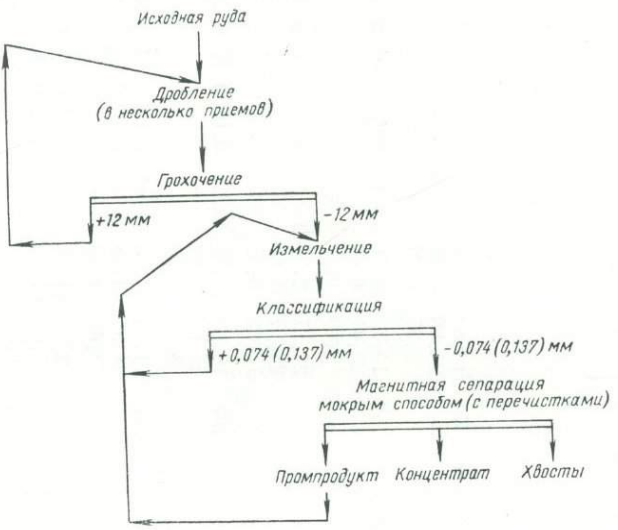
Это нововведение оказалось полезным и в других случаях флотационной практики.

Таблица 1

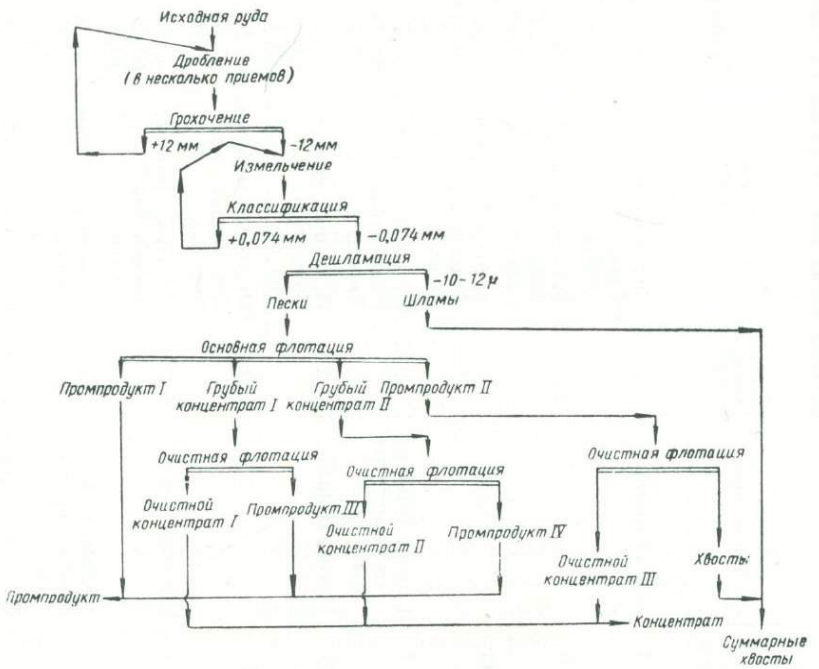
Характеристические данные и результаты обогащения керновых проб Щигровского района, подвергавшихся испытанию методом магнитной сепарации по схеме, изображенной на фиг. 1

№ пробы	№ скважины	Интервал, с которого отбирался кварцит в пробу в м	Тип кварцита	Крупность измельчения в мм	Наименование продуктов	Химический состав в %									Извлечение железа в %
						$Fe_{общ}$	$Fe_{кислото-раств}$	$Fe_{силик}$	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	P_2O_5	S	п.п.п.	
1	4	314—324	Магнетитовый	0,2	Исходный материал	26,92	—	—	—	—	—	—			100,0
					Концентрат	59,67	—	—	—	—	—	—		—	84,0
					Хвосты	—	—	—	—	—	—	—		—	—
2	1	181—200	„	0,2	Исходный материал	36,76	34,74	2,01	14,80	33,26	47,77	0,05	0,35	1,76	100,0
					Концентрат	63,30	—	—	25,99	61,62	—	—	—	—	92,6
					Хвосты	4,73	—	—	2,37	3,57	—	—	—	—	—
3	4	373—393	„	0,2	Исходный материал	37,65	35,83	1,82	14,15	38,10	43,45	0,04	0,03	2,41	100,0
					Концентрат	59,37	—	—	25,41	56,65	—	—	—	—	90,0
					Хвосты	8,95	—	—	1,80	10,79	—	—	—	—	—
4	1	342—363	Сидерито-мартито-магнетитовый	0,2	Исходный материал	32,74	32,74	—	21,97	22,39	45,47	0,06	0,16	9,95	100,0
					Концентрат	68,44	—	—	28,97	65,66	—	—	—	—	62,0
					Хвосты	16,29	—	—	17,42	3,93	—	—	—	—	—
5	4	188—206	Магнетитовый	0,2	Исходный материал	32,03	31,95	0,08	16,60	27,35	49,57	0,03	0,17	6,20	100,0
					Концентрат	64,39	—	—	27,02	62,02	—	—	—	—	84,2
					Хвосты	9,48	—	—	8,63	3,96	—	—	—	—	—
6	9	332—347	„	0,137	Исходный материал	35,07	31,16	3,91	14,23	34,33	44,94	0,08	0,14	2,37	100,0
					Концентрат	67,31	—	—	28,84	64,18	6,96	0,03	0,15	—	89,5
					Хвосты	6,93	—	—	3,85	5,63	—	—	—	—	—
7	11	380—400	Железнослюдковый	0,2	Исходный материал	38,86	38,31	0,55	12,94	41,18	41,25	0,04	0,07	3,97	100,0
					Концентрат	63,91	—	—	27,07	61,29	10,17	0,02	0,06	—	35,0
					Хвосты	15,03	—	—	1,98	19,29	—	—	—	—	—
8	10	308—334	Магнетито-сидерито-мартитовый	0,2	Исходный материал	33,84	33,84	—	24,64	21,00	40,35	Сл.	1,34	12,67	100,0
					Концентрат	65,23	—	—	30,05	59,87	6,53	0,0	0,16	—	50,0
					Хвосты	21,23	—	—	24,15	3,53	—	—	1,69	—	—
9	15	120—122	Сидерито-мартитовый	0,2	Исходный материал	44,00	—	—	14,22	47,11	—	—	—	—	100,0
					Концентрат	—			Не получен						0,0
					Хвосты	44,03	—	—	—	—	—	—	—	—	100,0

Опыты по магнитной сепарации в одну стадию и флотация исходных кварцитов выполнены по схемам, представленным на фиг. 2 и 3, а конечные показатели суммированы в табл. 2 и 3.



Фиг. 2. Схема испытаний на обогатимость железистых кварцитов Щигровского района



Фиг. 3. Схема флотации железистых кварцитов Щигровского района

Полученные результаты подтвердили возможность успешного обогащения магнетитовых кварцитов методом электромагнитной сепарации в одну стадию при измельчении исходной руды до 100% —0,137 или —0,074 мм. Показатель извлечения железа в очистной концентрат составил

88,6—92,2% при содержании полезного элемента соответственно 62,8—65,7% (табл. 2).

Таблица 2

Результаты обогащения магнетитовой разности кварцитов Щигровского района, подвергавшихся испытанию методом магнитной сепарации по схеме, изображенной на фиг. 3

Крупность измельчения исходного материала в мм	Ампераж на ленточном магнитном сепараторе в а	Продукты								
		исходная руда			концентрат			хвосты		
		выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа
		в процентах								
—0,074	4,0	100,0	29,30	100,0	40,2	62,3	85,3	59,8	7,1	14,6
—0,074	4,5	100,0	30,64	100,0	47,6	59,5	92,4	52,4	4,4	7,6
—0,074	4,5	100,0	30,84	100,0	45,3	62,8	92,2	54,7	4,4	7,8
—0,137	4,5	100,0	31,03	100,0	44,6	65,7	88,6	55,4	6,8	11,4
—0,074	5,0	100,0	30,64	100,0	43,0	62,6	87,7	57,0	6,6	12,3

Таблица 3

Результаты обогащения магнетитовой разности кварцитов Щигровского района методом флотации (фиг. 3)

Крупность измельчения исходного материала в мм	Операции обогащения	Наименование продуктов	Выход	Содержание железа	Извлечение железа	Применяемые реагенты и другие постоянные условия
			в процентах			
—0,074	Дешламация и основная флотация	Грубый концентрат I	27,6	47,17	42,7	
		Грубый концентрат II	15,0	45,63	22,4	
		Промпродукт I	8,9	34,41	10,0	Соляная кислота —4 кг/т
		Промпродукт II	32,1	20,34	21,4	Сернистый натр —0,5 кг/т
		Шламы	16,4	6,48	3,5	Пенсакола —6,3 кг/т
	Очистная флотация	Очистной концентрат I	26,0	57,17	40,8	Загрузка — небольшими порциями в несколько приемов (4—5 мин.)
		Очистной концентрат II	10,6	51,29	18,6	
		Очистной концентрат III	10,6	47,77	17,1	
		Промпродукт III	4,4	28,26	3,8	pH = 3,5—4
		Промпродукт IV	1,6	39,14	1,9	Время основной флотации 30 мин.
		Хвосты	21,5	6,04	4,3	
	Суммарные результаты	Концентрат	47,2	53,80	76,5	
		Промпродукт	14,9	33,00	15,7	
		Суммарные хвосты	37,9	6,22	7,8	
		Исходный материал	100,0	30,51	100,0	

При флотации исходных кварцитов получен очистной концентрат, содержащий 53,8% железа при извлечении 76,5%, а потери в хвостах не превышают 7,8% (табл. 3). Кроме того, собран промпродукт по содержанию железа, напоминающий руду. В нем заключено 15,7% железа от исходного, часть которого должна сфлотироваться в концентрат при разассигновании промпродукта в условиях непрерывного процесса, тем самым будет увеличен процент извлечения железа в концентрат по сравнению с достигнутым.

Исследования В. И. Трушлевича показали, что железистые кварциты КМА как первичные, так и затронутые процессами выветривания могут быть использованы промышленностью при применении к ним метода магнитной сепарации или магнитной сепарации в комбинации с флотационным процессом при обязательном обесшламливании исходной пульпы. Они имели большое значение для оценки промышленных запасов всего месторождения Курской магнитной аномалии [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОГАЩЕНИЮ КВАРЦИТОВ КОРОБКОВСКОГО УЧАСТКА

1. Магнетитовые кварциты

Обогащение типичных магнетитовых кварцитов Коробковского участка проводил Ленинградский институт Механобр в 1936, 1948 и 1949 гг. [10, 12, 13].

Пробы для исследования отбирались из следующих горных выработок рудника им. И. М. Губкина:

1) в 1936 г. (пробы № 2 и 3) при проходке шахты № 1 на горизонте 149 м;

2) в 1948 г. (тоннажная проба) из водосборника шахты № 2 «Новая»;

3) в 1949 г. (пробы № 1, 3 и 4) из забоев горизонта 145 м.

Вкрапленность основного рудного минерала — магнетита — изменялась в испытанных пробах от тысячных до десятых долей миллиметра, но, за небольшим исключением, не превышала 0,1—0,2 мм.

Кроме магнетита, в подчиненных количествах присутствовали первичный гематит, мартит и гидроокислы железа.

Нерудная часть представлена главным образом кварцем, а также хлоритом, роговой обманкой, слюдами и карбонатами (кальцит и др.). Из сульфидов встречен пирит и халькопирит.

Опыты по обогащению названных проб выполнены с применением метода мокрой электромагнитной сепарации в две стадии, т. е. вначале кварциты дробились до —3, —1 мм и производилось выделение грубого магнитного концентрата и отвальных хвостов. Затем грубый концентрат доизмельчался до —0,2, —0,15 или 0,10 мм и операция обогащения методом мокрой магнитной сепарации повторялась с выделением конечного железного концентрата и отходов. Последние объединялись с отходами (хвостами) первой стадии обогащения в единый отвальный продукт.

Результаты лабораторных исследований и данные по химическому составу исходных руд и полученных из них концентратов по всем выше испытанным пробам даны в табл. 4.

Испытания показали, что коробковские магнетитовые кварциты, так же как и магнетитовые кварциты Щигровского участка, поддаются успешному обогащению методом магнитной сепарации с выделением концентрата, содержащего 60,05; 60,20; 55,05; 60,11; 59,50; 60,25; 59,80; 55,00; 59,20; 56,80% железа при извлечении соответственно 85,98; 85,81; 83,18; 85,69; 85,24; 87,91; 87,33; 85,48; 88,35; 87,95% от исходного.

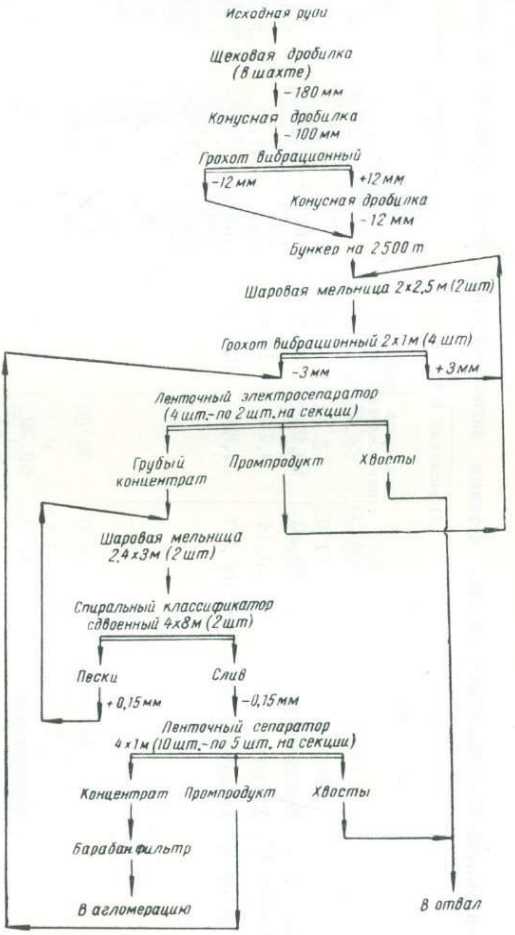
Как видно из табл. 4, полученные концентраты удовлетворяют требованиям металлургической промышленности не только в части содержания железа (60% и выше), но и в отношении вредных примесей.

На основании данных лабораторных исследований была спроектирована, построена и сдана в 1952 г. в эксплуатацию опытная обогатительная фабрика в поселке им. И. М. Губкина (комбинат КМАруда) для работы на магнетитовых кварцитах по схеме, изображенной на фиг. 4.

При обогащении магнетитовых кварцитов опытная фабрика комбината КМАруда выдает концентрат, содержащий около 60% железа при извлечении 80% и выше, подтверждая своей успешной работой результаты, полученные исследователями при обогащении руд КМА в лабораторном масштабе.

В первом квартале 1953 г. коллективом опытной фабрики проведена большая исследовательская работа по уточнению запроектированной Механобром технологической схемы в части измельчения и концентрации.

В результате этих работ фабрика стала измельчать всю массу руды до —0,15 мм и производить обогащение на ленточных магнитных сепараторах в один прием, т. е. перешла на работу по схеме, которая в свое время была разработана и рекомендована В. И. Трушлевичем к проверке в производственных условиях [8, 9].



Фиг. 4. Схема цепи аппаратов опытной обогатительной фабрики комбината «КМАруда», запроектированная Механобром

2. Обогащение гематито-магнетитовых кварцитов

Данная группа кварцитов, как отмечалось выше, отличается от магнетитовой разности тем, что в них содержание гематита колеблется в пределах 10—50% от исходного количества рудных минералов.

Обогащение гематито-магнетитовых кварцитов Коробковского участка проведено впервые В. И. Трушлевичем в 1933 г. (Московский горный институт им. И. В. Сталина).

Испытанию подвергалась проба, отобранная из кернов скважин № 4, 18, 19, 21, 22, 25, 38, 39 и 40. Руда представляла собой кварциты,

Таблица 4

Результаты обогащения магнетитовых кварцитов Коробковского участка методом магнитной сепарации, полученные Механобром

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический анализ в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
Проба № 2 1936 г.	Магнитная сепарация при крупности 1—0 мм с выделением хвостов и последующей магнитной сепарацией грубого концентрата, измельченного до —0,2 мм	Концентрат	49,86	60,05	85,98	Fe — 34,82 FeO — 13,66 SiO_2 — 41,83 Al_2O_3 — 3,95 CaO — 1,95 MgO — 1,92 MnO — 0,06 TiO_2 — 0,07 S — 0,10 P_2O_5 — 0,16 П. п. п — 1,69	Fe — 59,63 FeO — 23,13 SiO_2 — 13,30 Al_2O_3 — 1,93 CaO — 0,64 MgO — 0,72 MnO — 0,05 TiO_2 — следы S — 0,02 P_2O_5 — 0,08 П. п. п — 0,02
		Хвосты	50,14	9,74	14,02		
		Исходная руда	100,00	34,82	100,00		
Проба № 3 1936 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	49,72	60,20	85,81	Fe — 35,16 FeO — 14,32 SiO_2 — 38,94 Al_2O_3 — 0,98 CaO — 2,56 MgO — 2,04 MnO — 0,07 TiO_2 — 0,04 S — 0,06 P_2O_5 — 0,24	Fe — 58,47 FeO — 22,64 SiO_2 — 14,47 Al_2O_3 — 1,72 CaO — 1,02 MgO — 0,35 MnO — 0,06 TiO_2 — следы S — 0,02 P_2O_5 — 0,09 П. п. п — 0,02
		Хвосты	50,28	9,84	14,19		
		Исходная руда	100,00	34,89	100,00		
Тоннажная проба 1948 г.	Магнитная сепарация при крупности 3—0 мм с выделением отвальных хвостов и последующей магнитной сепарацией грубого концентрата, измельченного до —0,2 мм	Концентрат	46,81	55,05	83,18		
		Хвосты	53,19	9,81	16,82		
		Исходная руда	100,00	30,98	100,00		
Тоннажная проба 1948 г.	Предыдущий вариант, но с доизмельчением грубого концентрата до —0,10 мм	Концентрат	44,16	60,11	85,69	Fe — 31,20 FeO — 10,71 SiO_2 — 47,98 Al_2O_3 — 3,06	Fe — 59,82 FeO — 24,04 SiO_2 — 14,72 Al_2O_3 — 1,56
		Хвосты	55,84	7,98	14,31		
		Исходная руда	100,00	30,98	100,00		

Продолжение табл. 4

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический анализ в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
						CaO — 1,47 MgO — 1,65 MnO — следы TiO_2 — 0,10 S — 0,03 P_2O_5 — 0,23 Cu — 0,01 V — следы Co — следы П. п. п. — 1,24	CaO — 2,00 MgO — 1,38 MnO — 0,10 TiO_2 — 0,10 S — 0,01 P_2O_5 — 0,22 П. п. п. — 0,00
Проба № 1 1949 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	43,93	59,50	85,24	Fe — 30,02 FeO — 14,14 SiO_2 — 44,21 Al_2O_3 — 5,78 CaO — 3,17 MgO — 2,89 MnO — 0,11 TiO_2 — 0,30 S — 0,07 P_2O_5 — 0,25 П. п. п. — 1,81	Fe — 60,52 FeO — 24,17 SiO_2 — 12,96 Al_2O_3 — 1,44 CaO — 0,48 MgO — 1,14 MnO — 0,05 TiO_2 — 0,08 S — 0,03 P_2O_5 — 0,10 П. п. п. — 0,00
		Хвосты	56,07	8,05	14,76		
		Исходная руда	100,00	30,59	100,00		
Проба № 3 1949 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	48,33	60,26	87,91	Fe — 33,20 FeO — 15,10 SiO_2 — 41,36 Al_2O_3 — 2,90 CaO — 3,32 MgO — 2,88 MnO — 0,08 TiO_2 — 0,16 S — 0,27 P_2O_5 — 0,23 П. п. п. — 2,10	Fe — 60,04 FeO — 24,07 SiO_2 — 10,48 Al_2O_3 — 1,66 CaO — 0,38 MgO — 0,87 MnO — 0,05 TiO_2 — 0,06 S — 0,03 P_2O_5 — 0,08 П. п. п. — 0,00
		Хвосты	51,67	7,74	12,09		
		Исходная руда	100,00	33,09	100,00		

Продолжение табл. 4

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический анализ в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
Проба № 4 1949 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	48,40	59,80	87,33	Fe — 33,39 FeO — 15,00 SiO_2 — 43,28 Al_2O_3 — 1,95 CaO — 2,68 MgO — 2,74 MnO — 0,08 TiO_2 — 0,20 S — 0,17 P_2O_5 — 0,28 П. п. п. — 1,96	Fe — 60,60 FeO — 25,00 SiO_2 — 9,80 Al_2O_3 — 1,30 CaO — 0,54 MgO — 0,90 MnO — 0,05 TiO_2 — 0,06 S — 0,07 P_2O_5 — 0,07 П. п. п. — 0,00
		Хвосты	51,60	8,12	12,67		
		Исходная руда	100,00	33,11	100,00		
Проба № 1 1949 г.	Предыдущий вариант, но с доизмельчением грубого концентрата до —0,15 мм	Концентрат	47,49	55,00	85,48		
		Хвосты	52,51	8,45	14,52		
		Исходная руда	100,00	30,59	100,00		
Проба № 3 1949 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	49,44	59,20	88,35		
		Хвосты	50,56	7,62	11,65		
		Исходная руда	100,00	33,09	100,00		
Проба № 4 1949 г.	Предыдущий вариант	Концентрат	51,28	56,80	87,95		
		Хвосты	48,72	8,18	12,05		
		Исходная руда	100,00	33,11	100,00		

содержащие, по данным минералогического исследования, магнетит и гематит в отношении 5 : 1 (в среднем по просмотренным шлифам). Вкрапленность основной массы рудных минералов колебалась в пределах от 0,02 × 0,03 — 0,05 × 0,08 до 0,10 × 0,18 мм и изредка встречались скопления и прослои мощностью до 1—2 мм. Наблюдался пирит в виде прожилков и небольших агрегатов.

Технологическая проба содержала: железа общего 30,68%, серы общей 2,36%, фосфора 0,085%.

Проба была бедной по железу и относительно богатой по сере и фосфору.

Первоначальные опыты по обогащению проводились на концентрационных столах при измельчении до —0,5 мм. В результате испытаний был получен концентрат, содержащий 52,2% железа при выходе 28% и извлечении железа около 45% от исходного. Остальные продукты (промпродукт, хвосты и шламы) нуждались в дальнейшем обогащении. Промпродукт и хвосты первого приема концентрации по удельному весу доизмельчались до —0,10 мм и повторно пропускались через столы, что позволило поднять извлечение железа в концентрат до 59%. Эффективность гравитационного обогащения низкая, поэтому от дальнейших работ по применению гравитационного метода пришлось отказаться.

Испытание кварцитов продолжено в направлении использования метода мокрой магнитной сепарации, показавшего хорошие результаты при исследовании кварцитов Щигровского района КМА. Руда измельчалась до —0,15; —0,10; —0,074 мм. Наилучшие показатели были достигнуты при крупности помола —0,10 мм и введении двух перечисток для грубого концентрата. Очистной концентрат содержал свыше 63% железа при выходе 33% и извлечении железа около 70%.

Хвосты магнитной сепарации подвергались доизмельчению до —0,074 мм и после удаления методом отмучивания наиболее тонких частиц (крупностью —10, —12μ) в слив флотировались в два приема с перечисткой грубого концентрата.

Опыты по флотации проводились с олеиновой и нафтеновой кислотами, каменноугольными и древесными смолами, антраценовым маслом и другими реагентами-собирателями отечественного производства, а также применялись различные реагенты-регуляторы и вспениватели (по надобности).

Наиболее высокие результаты получены при флотации с антраценовым маслом (продукт разгона березовой смолы; расход 1,8 кг/т) и силикатом натрия (1 кг/т), применявшимся для депрессии пустой породы. В качестве вспенивателя давался технический скипидар в количестве 0,3 кг/т.

В первый прием загружалось 100% жидкого стекла, 75% антраценового масла и 50% скипидара, производилось 15-минутное перемешивание и затем собирался грубый концентрат в течение 20 мин. Во второй прием добавлялось в пульпу остальное количество антраценового масла и скипидара, производилось 15-минутное перемешивание, после которого 18 мин. собиралась пена в грубый концентрат.

Грубый железный концентрат, полученный в цикле основной флотации, дважды перечищался без добавления реагентов.

Результаты обогащения комбинированным методом суммированы в табл. 5.

Таблица 5

Результаты обогащения керновой пробы Коробковского участка, полученные Московским горным институтом имени И. В. Сталина

Операция обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %		
		выход	содержание железа	извлечение железа
Мокрая магнитная сепарация	Исходная руда	100,00	30,7	100,0
	Магнитный концентрат	33,0	63,1	69,3
	Хвосты магнитной сепарации	67,0	13,8	30,7
Обесшламливание	Слив	4,9	11,1	4,0
	Обесшламленные хвосты	62,1	14,2	26,7
Флотация	Флотационный концентрат	10,1	51,4	17,0
	Хвосты флотации	52,0	7,0	9,7
По всем операциям	Суммарный концентрат	43,1	60,1	86,3
	Хвосты	56,9	7,2	13,7

Результаты испытаний показали, что методом электромагнитной сепарации и флотации можно получить суммарный концентрат с содержанием железа 60,1% при извлечении 86,3%. Данные показатели являются вполне удовлетворительными.

В предлагаемой для дальнейших исследований технологической схеме рекомендуется следующее.

1. Измельчение кварцитов перед магнитной сепарацией производить в пределах 0,1—0,15 мм.

2. Магнитную сепарацию выполнять мокрым способом в одну стадию с перечисткой грубого концентрата и первичных хвостов.

3. Хвосты магнитной сепарации перед направлением во флотацию доизмельчать до —0,074 мм с применением классификации.

4. Перед флотацией обязательно обесшламливать хвосты магнитной сепарации с выводом слива в отвал.

5. Флотацию хвостов магнитной сепарации производить в 2—3 приема с выделением очистного концентрата и отвальных хвостов и возвратом промпродуктов очистных операций в соответствующие точки основной флотации или в отдельный цикл флотационного процесса.

6. Конечные концентраты подвергать сгущению и фильтрации.

В 1946, 1949, 1950 и 1952 гг. гематито-магнетитовые кварциты Коробковского узла испытывались на обогатимость в Механобре [11, 13, 14, 15].

Исследование проводилось на пробах, которые были отобраны:

1) в 1946 г. (проба № 2 и 3) из общих отвалов шахты № 1, образованных при проходке ствола шахты на горизонте 145 м и прилегающих к нему участков;

2) в 1949 г. (проба № 2) из забоев горизонта 145 м рудника им. И. М. Губкина;

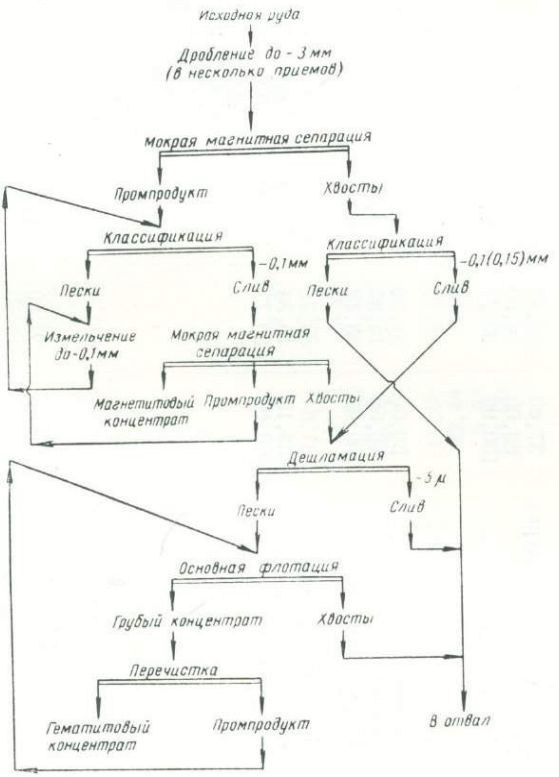
3) в 1950 г. (проба № 5) на том же горизонте 145 м рудника им. И. М. Губкина;

4) в 1952 г. (одна проба) из горных выработок Южно-Коробковского рудника, подготовленных к первоочередной эксплуатации.

Лабораторные испытания названных проб осуществлялись в двух направлениях. По одному из них обогащение производилось методом

магнитной сепарации в две стадии по схеме, разработанной для магнитных кварцитов, а затем (по пробам 1949, 1950 и 1952 гг.) хвосты магнитной сепарации, содержащие гематит, подвергались обработке на концентрационных столах или флотацией.

По другому направлению исходная руда после дробления до —2 мм подвергалась восстановительному обжигу, при котором гематит и другие слабомагнитные рудные минералы приобретают магнитные свойства, аналогичные магнетиту, и затем обогащались электромагнитным методом по схеме, разработанной для магнетитовых кварцитов.



Фиг. 5. Рекомендуемая Механобром схема обогащения для гематито-магнетитовых кварцитов Коробковского участка

Результаты испытаний обобщены в табл. 6, которая показывает, что процесс электромагнитной сепарации в слабом магнитном поле недостаточно эффективен для данного типа кварцитов, а магнитно-гравитационная и обжиго-магнитная схемы не имеют преимуществ перед обогащением магнитно-флотационным методом.

Большим достижением в исследовании явилось успешное применение для флотации гематита дешевого реагента-собирателя — окисленного керосина, который при расходе 1,2—1,5 кг/т в условиях слабощелочной или кислой среды (при загрузке соды или серной кислоты 0,25—0,5 кг/т) обеспечивает получение флотационного концентрата с содержанием железа 54,40—57,10—58,98% при извлечении до 85% из хвостов магнитной сепарации или 16,98—28,40—35,97% от исходного.

В результате успешного применения магнитно-флотационного метода обогащения извлечение железа в суммарный качественный концентрат достигает 90,47—91,00—93,99%, кроме того, значительно улучшается

Таблица 6

Результаты обогащения гематито-магнетитовых кварцитов Коробковского участка, полученные Механобром

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический состав в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
Проба № 2 1946 г.	Магнитная сепарация при крупности 6—0 мм с выделением отвальных хвостов и последующей магнитной сепарацией грубого концентрата, измельченного до — 0,2 мм	Магнитный концентрат	37,00	55,87	67,17		
		Хвосты	63,00	16,00	32,83		
		Исходная руда	100,00	30,77	100,00		
Проба № 3 1946 г.	Предыдущий вариант	Магнитный концентрат	50,50	51,20	77,90		
		Хвосты	49,50	14,80	22,10		
		Исходная руда	100,00	33,12	100,00		
Проба № 2 1946 г.	Предыдущий вариант, но с доизмельчением грубого концентрата до —0,10 мм	Магнитный концентрат	31,84	63,75	65,97	Fe — 30,77	Fe — 64,20
		Хвосты	68,16	15,34	34,03	FeO — 12,25	FeO — 20,25
		Исходная руда	100,00	30,77	100,00	SiO_2 — 42,38	SiO_2 — 8,82
						Al_2O_3 — 5,26	Al_2O_3 — 0,72
						CaO — 2,72	CaO — 0,57
						MgO — 5,59	MgO — 1,03
						TiO_2 — 1,00	MnO — 0,07
						S — 0,11	TiO_2 — 0,06
						P_2O_5 — 0,33	S — 0,04
						П. п. п. 3,10	P_2O_5 — 0,21
							П. п. п. — 0,00
Проба № 3 1946 г.	Предыдущий вариант	Магнитный онцентрат	41,12	59,80	74,24	Fe — 32,95	Fe — 61,20
		Хвосты	58,88	14,50	25,76	FeO — 11,55	FeO — 20,69
		Исходная руда	100,00	33,12	100,00	SiO_2 — 44,29	SiO_2 — 12,28
						Al_2O_3 — 3,89	Al_2O_3 — 0,99
						CaO — 2,26	CaO — 0,63
						MgO — 2,10	MgO — 1,29
						MnO — 0,32	MnO — 0,05
						TiO_2 — 0,08	TiO_2 — 0,08
						S — 0,07	S — 0,03
						P_2O_5 — 0,11	P_2O_5 — 0,09
						П. п. п. — 1,20	П. п. п. — 0,00

Продолжение

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический состав в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
Проба № 2 1949 г.	Магнитная сепарация при крупности 2—0 мм с выделением хвостов, подвергавшихся обогащению на концентрационных столах, и грубого концентрата, который доизмельчался до —0,10 мм и обогащался методом магнитной сепарации	Магнитный концентрат	42,17	61,35	73,49	Fe — 34,62	Суммарный концентрат
		Гравитационный концентрат	6,81	53,06	10,24	FeO — 12,14	Fe — 62,52
		Суммарный концентрат	48,98	60,30	83,73	SiO_2 — 42,91	FeO — 20,80
		Хвосты	51,02	11,25	16,27	Al_2O_3 — 3,60	SiO_2 — 11,40
		Исходная руда	100,00	35,27	100,00	CaO — 2,20	Al_2O_3 — 1,50
						MgO — 2,17	CaO — 0,56
						MnO — 0,11	MgO — 0,88
						TiO_2 — 0,10	MnO — 0,04
						S — 0,07	TiO_2 — 0,06
						P_2O_5 — 0,21	S — 0,05
						П. п. п. — 1,21	P_2O_5 — 0,10
							П. п. п. — 0,00
Та же проба	Предыдущий вариант, но при замене концентрации на столах флотацией	Магнитный концентрат	42,17	61,35	73,49		
		Флотационный концентрат	11,01	54,40	16,98		
		Суммарный концентрат	53,18	60,00	90,47		
		Хвосты	46,82	7,20	9,53		
		Исходная руда	100,00	35,27	100,00		
Та же проба	Обжиго-магнитное обогащение при тех же крупностях измельчения исходной руды и грубого магнитного концентрата	Магнитный концентрат	51,16	62,22	91,77		Fe — 64,06
		Хвосты	45,44	6,40	8,23		FeO — 24,07
		Потери при обжиге	2,40	—	—		SiO_2 — 10,48
		Исходная руда	100,00	35,27	100,00		Al_2O_3 — 1,66
							CaO — 0,38
							MgO — 0,87
							MnO — 0,05
							TiO_2 — 0,06
							S — 0,02
							P_2O_5 — 0,08
Проба № 5 1950 г.	Магнитно-флотационное обогащение при тех же крупностях измель-	Магнитный концентрат	35,05	64,4	62,6	Fe — 36,10	Магнитный концентрат
		Флотационный концентрат	17,95	57,1	28,4	FeO — 10,19	Fe — 64,42

Продолжение

Руда	Метод обогащения	Наименование продуктов	Показатели в %			Химический состав в %	
			выход	содержание железа	извлечение железа	руда	концентрат
Проба № 5 1950 г.	чения исходной руды и грубого магнитного концентрата	Суммарный концентрат	53,00	61,9	91,0	SiO_2 — 42,10	FeO — 25,96
		Хвосты	47,00	6,9	9,0	Al_2O_3 — 3,42	SiO_2 — 8,80
		Исходная руда	100,00	36,1	100,0	CaO — 1,54	Al_2O_3 — 0,93
						MgO — 1,98	CaO — 0,40
						MnO — 0,08	MgO — 0,50
						TiO_2 — 0,09	MnO — 0,06
						S — 0,01	TiO_2 — 0,10
						P_2O_5 — 0,23	S — 0,08
						П. п. п. — 0,00	P_2O_5 — 0,04
							П. п. п. — 0,00
Проба 1952 г.	Предыдущий вариант	Магнитный концентрат	33,45	67,12	58,02	Fe — 38,75	Магнитный концентрат
		Флотационный концентрат	23,77	58,98	35,97	FeO — 11,12	Fe — 66,98
		Суммарный концентрат	57,22	62,74	93,99	SiO_2 — 36,80	FeO — 28,03
		Хвосты	42,78	5,45	6,01	Al_2O_3 — 1,31	SiO_2 — 3,63
		Исходная руда	100,00	38,86	100,00	CaO — 2,21	Al_2O_3 — 0,70
						MgO — 1,97	CaO — 0,49
						MnO — 0,10	MgO — 0,27
						TiO_2 — 0,05	MnO — следы
						S — 0,09	TiO_2 — „
						P_2O_5 — 0,15	S — 0,06
						П. п. п. — 0,92	P_2O_5 — 0,05
							П. п. п. — 0,00

коэффициент основности шлакующих элементов в концентрате за счет попутного извлечения при флотации карбонатов, находящихся в исходной руде [17, 18].

Полученные результаты были подтверждены при испытании гематито-магнетитовых кварцитов на полупромышленной установке [14].

Следует отметить, что качественный флотационный концентрат Механобру удалось получить только на дешламированной пульпе.

На основе проверенных в полупромышленном масштабе экспериментальных данных Механобром разработана схема обогащения гематито-магнетитовых кварцитов КМА (фиг. 5), флотационная ветвь которой намечена к опытной проверке на обогатительной фабрике комбината КМАруда в 1954 г.

3. Обогащение вторичных кварцитов

Вторичные кварциты образовались из первичных в результате воздействия процессов выветривания.

Рудные минералы в них представлены магнетитом, железной слюдкой, мартитом, сидеритом и гидроокислами железа.

Они обогащены по содержанию железа и характеризуются повышенным содержанием серы (на некоторых участках месторождения).

Нерудная часть состоит из кварца, кальцита, хлорита, мусковита и других силикатов.

Исследование богатой разновидности вторичных кварцитов сидерито-мартитового типа проводилось в Механобре в 1935 г. [3, 1, 4]. Технологическая проба отобрана из отвала руды, добытой при проходке шахты «Разведочная».

Проба имела следующий химический состав (в %):

$Fe_{общ}$	50,70
FeO	26,20
SiO_2	3,45
Al_2O_3	4,11
CaO	3,18
MgO	1,05
MnO	0,05
TiO_2	0,08
P_2O_5	0,16
S	1,13
As	0,01
Потери при прокаливании	16,86

По содержанию железа и сумме тугоплавких компонентов ($SiO_2 + Al_2O_3$) руда отвечала требованиям промышленности, а по сере она была некондиционной и нуждалась в обогащении.

Путем агломерации руды, раздробленной до —3, —6 и —12 мм, было снижено содержание серы до сотых долей процента при расходе коксика 4—5% от веса руды.

Успешно протекает обессеривание и при агломерации руды, раздробленной до крупности 25—0 мм. В этом случае содержание серы в агломерате не превышает 0,3%.

Таким образом, при спекании руды, раздробленной до —12 или —25 мм, вполне разрешается задача подготовки к плавке богатых вторичных кварцитов КМА.

Бедные разности вторичных кварцитов во всех случаях нуждаются в обогащении.

В Механобре эта разновидность кварцитов подвергалась испытанию на обогатимость дважды: в 1936 и 1946 гг. [10, 11]. Обе пробы были отобраны в районе шахты № 1 на глубине 114—118 м.

Вкрапленность рудных минералов колебалась, по данным минералогического исследования, в пределах от нескольких тысячных до десятых долей миллиметра и редко превышала 1 мм.

Руда содержала как первичные железные минералы (магнетит, железную слюдку), так и вторичные (мартит, сидерит и гидроокислы). Пустая порода была представлена кварцем, кальцитом, роговой обманкой, слюдисто-известковым сланцем, хлоритом и другими силикатами. Из сульфидов встречен пирит и халькопирит.

Испытание на обогатимость проводилось методом отсадки класса 25—2 мм и концентрации на столах класса 2—0 мм. Однако эта схема обогащения не дала положительных результатов ввиду тонкого прорастания рудных и нерудных минералов.

При гравитационном обогащении наилучшие результаты были получены при обработке обеих проб по схеме, состоящей из следующих операций:

1) дробления исходной руды до —2 мм;
2) гидравлической классификации на шесть фракций;
3) концентрации на столах каждой фракции в отдельности;
4) додрабливания до —0,2 мм промпродуктов, выделяющихся при обогащении первых трех гидравлических фракций;
5) концентрации на столах доизмельченных промпродуктов с выделением концентрата и хвостов.

Полученный по данной схеме гравитационный концентрат содержал 52,7—56,1% железа при извлечении, не превышающем 63,98—75,02%.

Более успешно осуществлено обогащение обжиго-магнитным методом. Восстановительному обжигу подвергалась руда, дробленая до —25 мм, которая перед двухстадиальным обогащением в слабомагнитном поле измельчалась в два приема до —2 мм и —0,2 мм.

Результаты обогащения по обеим испытанным пробам руды приведены в табл. 7.

Как показывает табл. 7, обжиго-магнитный метод позволяет несколько увеличить содержание железа в концентрате и процент извлечения по сравнению с обогащением на концентрационных столах, но концентрат в целом нельзя признать удовлетворительным по качеству из-за высокого содержания в нем кремневой кислоты и окиси алюминия (14—17%).

Другими, более эффективными методами бедные «вторичные» кварциты не обогащались.

Решение вопроса нужно искать в применении к рудам этого типа магнитно-флотационного или только флотационного метода обогащения, которые показали вполне удовлетворительные результаты при обогащении гематито-магнетитовых кварцитов КМА.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ САЛТЫКОВСКОГО УЧАСТКА

Испытание железистых кварцитов Салтыковского участка на обогатимость проводилось в 1952 г. Механобром [16]. Объектом исследования служили керновые пробы №№ 1, 2 и 3, отобранные при разведочных работах. Вкрапленность рудных и нерудных минералов тонкая — от сотых до десятых долей миллиметра.

Преобладающим рудным минералом во всех пробах был магнит, а гематит содержался в подчиненном количестве.

Таблица 7

Результаты обогащения бедных вторичных кварцитов Коробковского участка, полученные Механобром

Метод обогащения	Наименование продуктов	Проба 1936 г.			Проба 1946 г.			Химический состав в %	
		Показатели в %							
		выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа	руда	магнитный концентрат
								Проба 1936 г.	Получен из пробы 1936 г.
Концентрация на сотрясательных столах	Концентрат	50,83	56,10	75,02	44,35	52,70	63,98	Fe — 34,84 FeO — 8,41 SiO_2 — 38,82 Al_2O_3 — 0,31 CaO — 1,23 MgO — 0,68 S — 0,27 P_2O_5 — 0,14 П. п. п. — 4,34 TiO_2 — следы	Fe — 57,92 FeO — 10,48 CaO — 0,64 SiO_2 — 12,77 Al_2O_3 — 1,26 MgO — 0,53 MnO — следы TiO_2 — » S — 0,45 P_2O_5 — 0,10 П. п. п. — 4,10
	Хвосты	37,32	15,10	14,82	34,03	18,78	17,48		
	Шламы	11,85	32,62	10,16	21,62	31,32	18,54		
	Исходная руда	100,00	38,08	100,00	100,00	35,58	100,00		
								Проба 1946 г.	Получен из пробы 1946 г.
Обжиго-магнитный	Концентрат	55,56	57,92	83,75	41,10	58,20	70,58	Fe — 33,92 FeO — 11,77 SiO_2 — 39,62 Al_2O_3 — 2,33 CaO — 2,00 MgO — 1,82 MnO — 0,10 TiO_2 — 0,07 S — 0,41 P_2O_5 — 0,27 П. п. п. — 6,22	Fe — 59,04 FeO — 45,08 SiO_2 — 17,03 Al_2O_3 — следы CaO — 1,12 MgO — 1,02 MnO — 0,15 TiO_2 — следы S — 0,38 P_2O_5 — 0,29 П. п. п. — 0,00
	Хвосты	34,84	12,52	11,35	46,90	18,90	26,15		
	Потери при обжиге . .	9,60	—	4,90	12,00	—	3,27		
	Исходная руда	100,00	38,44	100,00	100,00	33,92	100,00		

Основным нерудным компонентом является кварц; в заметных количествах присутствовали карбонаты, роговая обманка и биотиты. Встречен пирит и апатит.

Приблизительный минералогический состав проб руды по данным исследования составил (в %):

	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
Магнетит	40,5	34,5	37,3
Гематит	3,2	9,5	5,0
Кварц	37,0	36,3	38,0
Карбонаты	7,0	5,0	4,5
Роговая обманка	8,0	5,7	10,2
Биотит	4,3	9,0	5,0

Химический анализ показал следующее содержание элементов и окислов (в %):

	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
SiO_2	41,36	41,40	42,50
$Fe_{общ}$	33,38	35,25	34,22
FeO	14,11	11,77	12,12
TiO_2	0,16	0,14	0,18
Al_2O_3	2,08	1,70	2,40
CaO	3,29	2,36	2,23
MgO	3,25	2,68	3,07
P_2O_5	0,29	0,23	0,25
S	0,29	0,02	0,01
Mn	0,20	0,14	0,14
Ca	Следы	Следы	Следы
Потери при прокаливании	1,24	0,95	0,35

Железо в пробах представлено главным образом в форме кислоторастворимого и только незначительный процент его (0,58—1,88) содержался в форме силикатов.

Испытание на обогатимость проводилось методом мокрой магнитной сепарации в две стадии при начальной крупности —3 и —1,75 мм и конечной крупности —0,15 и —0,10 мм, а также — в одну стадию при измельчении до 100% — 0,15 мм.

Результаты магнитной сепарации представлены в табл. 8, из которой видно, что по пробе № 1, содержащей наиболее низкий процент гематита [9, 7], можно ограничиться применением магнитного метода обогащения, который обеспечивает извлечение железа в концентрат 82,9—86,8% при содержании 61,52—60,68%.

Таблица 8

Результаты обогащения железистых кварцитов Салтыковского участка методом магнитной сепарации, полученные Механобром

№ пробы	Схема обогащения	Показатели в %		
		выход	содержание железа	извлечение железа
1	Обогащение в две стадии при измельчении до—3 и —0,10 мм	45,6	61,52	82,9
	Обогащение в две стадии при измельчении до — 1,75 и —0,10 мм	45,9	60,98	83,0
	Обогащение в одну стадию при измельчении до — 0,15 мм	48,2	60,68	86,8
2	Обогащение в две стадии при измельчении до — 3,0 и —0,15 мм	36,1	62,90	64,4

Продолжение табл. 8

№ пробы	Схема обогащения	Показатели в %		
		выход	содержание железа	извлечение железа
2	Обогащение в две стадии при измельчении до — 1,75 и — 0,15 мм .	38,4	62,94	67,2
	Обогащение в одну стадию при измельчении до — 0,15 мм	42,1	62,90	74,2
3	Обогащение в две стадии при измельчении до — 3 и — 0,15 мм . .	42,5	62,64	76,7
	Обогащение в две стадии при измельчении до — 1,75 м — 0,10 мм .	41,6	62,37	75,3
	Обогащение в одну стадию при измельчении до — 0,15 мм	45,0	60,82	79,6

По остальным пробам (№ 2 и 3), имеющим в своем составе наибольшее количество гематита, получено относительно низкое извлечение железа в концентрат, составившее (в %):

по пробе № 2 . . . . 64,4—74,2
по пробе № 3 . . . . . 76,7—79,6

К этим двум пробам был применен метод флотации для извлечения гематита из хвостов магнитной сепарации.

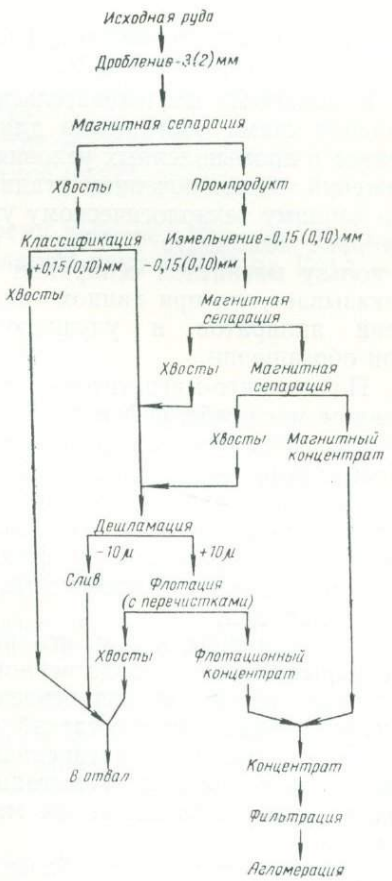
Флотация проводилась с применением дешламации и пяти перечисток для грубого концентрата.

Реагентами служил окисленный керосин (1,4 кг/т) и серная кислота (0,5 кг/т). Время основной флотации 25 мин., продолжительность перечисток 25 мин. (по 5 мин. каждая перечистка).

В результате применения комбинированного метода обогащения удалось повысить извлечение железа в кондиционный концентрат (в %):

по пробе № 2 . . до 85
по пробе № 3 . . до 90 (табл. 9)

На основании проведенных испытаний, Механобр предложил единую схему обогащения для магнетитовых и гематито-магнетитовых кварцитов Салтыковского участка (фиг. 6).



Фиг. 6. Качественная схема обогащения бедных гематито-магнетитовых кварцитов Салтыковского участка, предложенная Механобром

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

Из сделанного обобщения видно, что в направлении разрешения проблемы обогащения тонковкрапленных железистых кварцитов КМА проделана большая работа Московской горной академией, Московским горным институтом им. И. В. Сталина, Механобром и коллективом обо-

Таблица 9

Результаты обогащения железистых кварцитов Салтыковского участка магнитно-флотационным методом, полученные Механобром

Продукты	Показатели в %					
	проба № 2			проба № 3		
	выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа
Магнитный концентрат	38,4	62,9	67,2	41,6	62,37	75,8
Флотационный „	12,0	56,1	18,8	9,6	50,26	14,2
Суммарный „	50,4	61,2	85,0	51,2	60,1	90,0

гатительно-агломерационной фабрики комбината КМАруда Министерства черной металлургии СССР.

Названными исследовательскими организациями разработана рациональная схема обогащения для магнетитовых кварцитов, которая проверена в промышленных условиях и в настоящее время не встречает возражений, за исключением стадиальности процесса магнитной сепарации. По данному технологическому узлу проводятся исследования на опытной фабрике комбината КМАруда и уже получены результаты, говорящие в пользу магнитной сепарации в одну стадию. Производственный опыт показывает, что при данном технологическом варианте упрощается схема цепи аппаратов и улучшаются технико-экономические показатели при обогащении.

По гематито-магнетитовым кварцитам требуется проверить в промышленном масштабе эффективность магнитно-флотационного метода с применением дешламации и дешевых реагентов, предложенных Механобром. Необходимо форсировать работы по строительству флотационного цеха при обогатительно-агломерационной фабрике комбината КМАруда, чтобы в ближайшие 2—3 года можно было разрешить основные вопросы, связанные с применением флотации для извлечения железной слюдки, мартита и других слабомагнитных рудных минералов из хвостов магнитной сепарации.

Нет сомнения в том, что работа по освоению флотации в условиях непрерывного производственного процесса будет иметь положительное значение не только для освоения бедных руд КМА, но и для других железорудных месторождений Советского Союза.

Одновременно с внедрением флотации в промышленную практику желательно провести испытание метода высокочастотной отсадки для извлечения слабомагнитных минералов железа из хвостов магнитной сепарации.

Данный процесс, как более экономичный по сравнению с флотацией, представляет несомненный практический интерес.

Предварительные лабораторные опыты, проведенные Институтом горного дела Академии наук СССР, показывают, что метод высокочастотной отсадки может рассматриваться как возможное решение задачи, заменяющее флотационный процесс обогащения. Институт горного дела продолжает исследования в этом направлении [19].

Имеются отчеты с положительными сведениями о применении высокочастотной отсадки к мартитовым рудам Кривого Рога. В Криворожском НИГРИ на вибрационно-поршневой машине НИМ-4 из бедной мар-

титовой руды, измельченной до —0,12 мм, получен концентрат с содержанием 61,7—62,2% железа при удовлетворительном извлечении.

При обогащении методом высокочастотной отсадки колошниковой пыли и других продуктов, содержащих дисперсные фракции железных минералов, также получены хорошие показатели по извлечению железа в кондиционные гравитационные концентраты, что позволило обогатительным фабрикам Министерства нефтяной промышленности СССР отказаться от использования электромагнитного и других более дорогих в эксплуатации методов обогащения.

Приведенные факты нельзя не учитывать при изыскании наиболее эффективных и экономичных методов обогащения для бедных кварцитов КМА, содержащих слабомагнитные минералы железа.

Необходимо продолжать исследование по разработке наиболее рациональных схем обогащения для железнослюдковых, сидерито-мартитовых и других разностей железистых кварцитов КМА, а также в направлении улучшения агломерационно-металлургических свойств концентрата за счет попутного извлечения карбонатов, содержащихся в некоторых разновидностях первичных и вторичных кварцитов, и в направлении присадки к готовым железным концентратам тонко измельченного мела, который имеется на месте в достаточном количестве.

Экспериментальные работы показали, что при замене привозного известняка мелом можно получить крепкий самоплавкий агломерат с необходимым модулем основности.

Над данным вопросом в настоящее время работает Институт горного дела и Горно-геологическая станция Академии наук СССР на КМА совместно с комбинатом КМАруда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов А. М. Отчет по окислительному обжигу и агломерации одной пробы железной руды КМА. Рукопись, Механобр, 1935.
2. Бублейников Ф. К. Богатства земли, 1951, стр. 110.
3. Егоров Г. Г. Опытное изучение условий подготовки богатых железных руд КМА к доменной плавке. Рукопись, Механобр, 1935.
4. Парфенов А. М. Брикетирование Курской руды из шахты «Разведочной» Коробковского участка. Рукопись, Механобр, 1935.
5. Плаксенко Н. А. Классификация железистых кварцитов КМА и химический метод их корреляции. Рукопись, ГГС АН СССР на КМА, 1952.
6. Трушлевич В. И. Механическое обогащение образцов курских магнитных руд. Труды геологического отдела ОК КМА при Президиуме ВСНХ СССР, т. VII, 1924—1925.
7. Трушлевич В. И. Исследование по флотации железных руд, «ГОД», № 6, 1932.
8. Трушлевич В. И. Обогащение гематито-магнетитовой пробы кварцитов Коробковского участка КМА. Рукопись, МГИ им. И. В. Сталина, 1933.
9. Трушлевич В. И. Методология флотации магнетитовой руды (на примере щигровской руды КМА), Сб. научн. трудов МГИ им. И. В. Сталина. В. 1, 1935.
10. Юденич Г. И. Испытание обогатимости трех проб железистых кварцитов КМА. Рукопись, Механобр, 1936.
11. Юденич Г. И. и Гетман С. Л. Испытание обогатимости трех проб железистых кварцитов КМА. Рукопись, Механобр, 1946.
12. Юденич Г. И. и Чиркова К. И. Испытание обогатимости одной пробы железистых кварцитов месторождения КМА. Рукопись, Механобр, 1948.
13. Юденич Г. И. Испытание обогатимости четырех проб железистых кварцитов КМА. Рукопись, Механобр, 1949.
14. Юденич Г. И. и Богданова З. С. Полупромышленные испытания магнетито-гематитовых кварцитов КМА для извлечения гематита. Рукопись, Механобр, 1950.
15. Юденич Г. И. Разработка рациональных схем обогащения железных руд Южно-Коробковского участка КМА (обогащение одной пробы руды), Рукопись, Механобр, 1952.

16. Юденич Г. И. и Быков Г. П. Испытание обогатимости трех керновых проб железистых кварцитов Салтыковского участка КМА. Рукопись, Механобр, 1952.
17. Юденич Г. И. и Мягков М. И. Опытное обогащение и агломерация железных руд КМА. Рукопись, Механобр, 1952.
18. Юденич Г. И. и Богданова З. С. Флотация руд черных металлов, «Горный журнал» 1952, № 10.
19. Плаксин И. Н. Сб. научных трудов Ин-та горного дела АН СССР, т. I, М., 1954.

Г. И. ЮДЕНИЧ и М. И. МЯГКОВ

ОПЫТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ И АГЛОМЕРАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

ВВЕДЕНИЕ

Железные руды (железистые кварциты) Курской магнитной аномалии залегают крутопадающими пластами, которые уходят на большую глубину, точно в настоящее время не зафиксированную из-за недостаточной глубины пройденных скважин. Они распространены на большой площади и разведываются только на отдельных участках в различных масштабах.

Наши познания о них основываются на результатах исследований, полученных на рудах, добытых при разведке и частично при эксплуатации рудного тела на определенных участках на сравнительно небольшую глубину.

Запасы руд Курской магнитной аномалии огромны и несравнимы с теми запасами, которые утверждены к настоящему времени. Уже сейчас можно сделать определенные обобщения и выводы относительно технологии обогащения и агломерации руд КМА. Эти выводы подкреплены промышленной практикой эксплуатации руд.

В данной статье освещаются вопросы, связанные с обогащением и агломерацией руд КМА на базе исследований Механобра [1], в увязке с имеющимися геологическими данными.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РУД В РАЗРЕЗЕ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ

Основные исследования обогатимости руд КМА производились Механобром в послевоенный период. Всего было подвергнуто исследованиям на обогатимость четырнадцать проб, взятых от отдельных разновидностей руды. Кроме того, в 1953 г. дополнительно испытывались пять проб.

На базе результатов этих исследований можно сделать вывод, что с точки зрения обогащения все известные к настоящему времени руды КМА можно подразделить на следующие основные типы, кладя в основу их вещественный состав и физические свойства, предопределяющие способы их механической обработки: 1) богатые руды; 2) гематитовые окисленные кварциты; 3) магнетитовые первичные кварциты; 4) магнетито-гематитовые (железнослюдковые) кварциты.

Богатые руды обнаружены в верхней зоне месторождения, они неблагоприятны для разработки их из-за сильной обводненности.

---

[1] Работа написана на базе отчетов по испытаниям руд КМА, составленных Г. И. Юденичем, Г. Г. Егоровым, И. М. Архиповым, А. М. Парфеновым в соавторстве по некоторым из них с З. С. Богдановой, К. И. Чирковой и С. Л. Гетман.

Остальные типы залегают в средних и нижних горизонтах месторождения и, по мнению горняков, находятся в лучших условиях для эксплуатации.

Богатые руды и окисленные гематитовые руды образовались из первичных руд путем их выветривания. Разница между гематитом окисленных руд и гематитом первичных руд заключается именно в том, что в окисленных рудах гематит появился в результате окисления магнетита и является мартитом, тогда как гематит в первичных рудах является неокисленным первичным минералом. Судя по данным, имеющимся у нас до настоящего времени, магнетитовые и магнетито-гематитовые кварциты составляют основные запасы руд КМА и будут иметь превалирующее значение для этого месторождения в целом.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ БОГАТЫХ РУД К ПЛАВКЕ

Вещественный состав богатых руд

Богатые руды освещаются нами на основании результатов изучения одной технической пробы, отобранной из штабеля руды, добытой при проходке шахты «Разведочная» на Коробковском участке Старооскольского района.

Основными рудными минералами пробы являются гематит и сидерит и поэтому ее следует отнести к гематито-сидеритовой разновидности. В небольшом количестве наблюдались остаточный магнетит и гидроокислы железа. Нерудная часть представлена кальцитом, хлоритом, кварцем и мусковитом. Из сульфидов в заметном количестве наблюдается пирит.

По внешнему виду руда напоминает обычную кусковую разность криворожских гематито-мартитовых руд со значительной твердостью и вязкостью, но отличается от них повышенной влажностью. Химический состав пробы богатой руды приведен в табл. 1 (в %).

Таблица 1

Наименование руды	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	P_2O_5	S	TiO_2	As	П.п.п.
Исходная богатая руда пробы . .	50,70	26,20	3,45	4,11	2,18	1,05	0,05	0,16	1,13	0,08	0,01	16,86

Испытанная проба богатой руды имеет некондиционное содержание серы и нуждается в ее удалении. По содержанию железа, вследствие больших потерь при прокаливании, она вполне удовлетворяет кондициям на руды для доменной плавки.

Следует отметить, что по литературным данным среднее содержание серы в богатых рудах КМА меньше примерно на 0,4% и что на месторождении имеются разности богатых руд с содержанием серы всего лишь 0,04—0,08%.

Технология обработки богатых руд

Так как богатые руды не нуждаются в обогащении с целью повышения содержания железа, то при испытаниях исследовались лишь вопросы их сортировки и окускования мелочи, а также вопросы удаления серы.

Сортировка руды. Грохочение исходной руды показало, что она в основном состоит из кусков крупностью меньше 100 мм, выход которых равен 84,5%.

Опыты рудоразборки класса крупностью больше 100 мм не дали положительных результатов.

При испытаниях руда крупнее 100 мм была издроблена на щековой дробилке и объединена с полученным ранее материалом крупностью 100—0 мм. Объединенный продукт был разгрохочен на отдельные классы с целью определения характеристики крупности и распределения по классам железа, серы и влаги. Результаты исследования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Крупность в мм	Выход в %	Содержание в %		
		железа	серы	влаги
100	10,53	51,71	1,11	2,70
100—75	6,29	52,34	1,00	2,94
75—50	21,23	52,66	1,15	3,0
50—25	31,02	50,14	1,08	7,5
25—12	11,68	49,51	1,21	
12—6	5,17	50,14	1,12	15,00
6—2	4,65	47,00	1,23	
2—0	9,43	46,21	0,90	
Исходная руда	100,00	50,39	1,13	8,08

Приведенное грохочение сырой руды и результаты анализов отдельных классов крупности позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Данная руда не склонна к переизмельчению. Выход класса 6—0 мм после дробления ее до 100 мм составляет около 14%.

2. Содержание железа не резко различается, в зависимости от крупности материала, и в классах крупнее 6 мм достигает 50% и выше, понижаясь при крупности 6—2 и 2—0 мм до 47—46%.

3. Содержание серы по классам колеблется в пределах 0,9—1,23%. Дополнительные анализы показали, что в данном случае сера в подавляющем большинстве является пиритной.

4. Влажность повышается с уменьшением крупности руды от 2,7 до 15%, причем в классах крупностью выше 25 мм она менее 7,5%, а в классе 25—6 мм составляет 15%.

Для изучения условий грохочения исходной руды была поставлена серия опытов при различной ее влажности, создаваемой искусственно и колеблющейся в пределах 3—12%, при различных отверстиях сит в пределе от 3 до 25 мм. Для опытов грохочения на ситах с отверстиями 3—10 мм бралась руда, доведенная до крупности 25 мм, а для опытов грохочения на ситах с отверстиями 15—25 мм — крупностью 50—0 мм.

Результаты опытов показали, что эффективность грохочения находится в обратной зависимости от влажности руды. Нормальная эффективность грохочения руды на ситах 3—6 мм наблюдалась при влажностях соответственно 3—6%. При повышении влажности до 8% эффективность грохочения на этих ситах падала, и для получения ее нормальных значений порядка 80% требовался переход на сетку с отверстиями 10 мм. При дальнейшем увеличении влаги до 12% необходимые размеры отверстий в ситах повышались до 15—25 мм.

Таким образом, можно считать, что в промышленных условиях можно вести грохочение данных руд на сетках с отверстиями около 15—25 мм и выше.

Грохочение же на сетках с меньшими отверстиями, очевидно, будет сопряжено с трудностями, возрастающими с уменьшением размеров

отверстий сетки. При желании получить классы мельче 10 мм необходимо будет подвергнуть руду подсушке или вести грохочение с водой с последующим обезвоживанием получающегося при грохочении нижнего продукта. То или иное решение вопроса будет определяться конкретными условиями промышленной технологической схемы подготовки руды к плавке.

Брикетирование, обжиг и агломерация богатых руд. Опытное брикетирование мелкой руды, проведенное по способам Фонякова, Аузиса и Ярхо, показало возможность получения из нее прочных брикетов. Однако значительное удаление из брикетов серы посредством обжига было недостаточным. К тому же после обжига брикеты в значительной мере разрушались.

Опыты обжига руды в окислительной среде показали возможность снижения содержания серы с 1,13 до 0,15—0,17% при условии продолжительности обжига не менее 3 часов и температуры около 900°.

При обжиге в трубчатой печи наблюдалось, что кусковая руда крупностью около 25 мм и выше обжигается успешнее, чем мелкая, потому что мелочь, двигаясь по внутренней поверхности печи, оказывается менее доступной для окислительной среды, чем крупные куски, которые, находясь на поверхности руды и перекатываясь, равномерно обжигаются со всех сторон.

Наиболее совершенное выгорание серы наблюдается при агломерации руды. Опыты показали, что, применяя этот способ к руде, издробленной до крупностей 3—0, 6—0 и 12—0 мм, содержание серы в агломерате можно понизить до сотых долей процента. Необходимая влажность шихты должна колебаться в этом случае в пределах 7—11%, повышаясь с уменьшением крупности руды. Оптимальный расход коксика в шихту составляет 4—5%.

В результате агломерации получается достаточно прочный агломерат при скоростях спекания 23—25 мм/мин.

Отдельные опыты показали, что агломерации можно подвергать также и руду крупностью 25—0 мм. При этом получается агломерат с содержанием серы не выше 0,3%.

Таким образом, агломерация богатых сернистых курских руд наиболее эффективно разрешает задачу подготовки их к плавке после дробления до крупности порядка 12 мм и даже несколько выше. Очевидно, что этот способ следует считать основным для данных руд.

В случае же, если курские богатые руды будут иметь содержание серы ниже 1%, но все же превышающее кондиционное, можно проводить также комбинированную подготовку их к плавке путем обжига крупных классов и агломерации мелочи. В зависимости от содержания серы в исходных рудах и требований по содержанию серы в готовом продукте, можно вести обжиг с тем или иным временем для получения относительно обессеренного продукта путем направления в него соответственного количества крупной руды, регулируемого пределами крупного дробления и грохочения, с таким расчетом, чтобы в сумме получить кондиционный по содержанию серы общий готовый продукт. Естественно, что несернистые богатые руды будут нуждаться только в сортировке и агломерации шихты.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ГЕМАТИТОВЫХ ОКИСЛЕННЫХ КВАРЦИТОВ

Вещественный состав гематитовых окисленных кварцитов

Минералогический анализ руды двух проб гематитовых кварцитов, отобранных в 1936 и 1946 гг., показал, что рудная их часть представлена

следующими минералами: гематитом, сидеритом, мартитом, магнетитом и гидроокислами железа. Нерудная часть представлена в основном кварцем с тем или иным распространением кальцита, хлорита, роговой обманки и слюдисто-биотито-известковистого сланца. Из сульфидных минералов обнаружены пирит и халькопирит.

По внешнему виду в большинстве случаев руда состоит из рудных и нерудных неправильных полос и участков с весьма неравномерными мощностями от десятых долей до единиц миллиметра. Чистые рудные минералы имеют размеры от тысячных до десятых долей миллиметра и весьма редко превышают 1 мм, а нерудные — от эмульсионной вкрапленности до нескольких миллиметров.

Руды обеих проб в основном близки между собой как по характеру оруденения, так и по составу. Из различий следует указать на то, что в пробе, взятой в 1936 г. из руды, добытой шахтой № 1 Коробково-Старооскольского района с глубины 114—118 м, рудные минералы несколько крупнее, а нерудные полосы несколько тоньше, чем в пробе 1946 г., взятой из общих отвалов руды, добытой той же шахтой № 1. Руда пробы 1936 г. богаче железом руды пробы 1946 г. Химический состав руд приведен в табл. 3 (в %).

Таблица 3

Химический состав гематитовых окисленных кварцитов

Наименование руд	Содержание в %										
	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П.п.п.
Руда пробы 1936 г.	38,44	8,41	38,82	0,31	1,23	0,68	0,04	Следы	0,27	0,14	4,34
Руда пробы 1946 г.	33,92	11,77	39,62	2,33	2,00	1,82	0,10	0,07	0,41	0,27	6,22

Опытное обогащение гематитовых кварцитов

Исходная руда проб гематитовых кварцитов носила крупнокусковой характер. В ней материала крупнее 100 мм оказалось более 30%, а мелкого материала крупностью ниже 50 мм—14%.

К этим рудам при опытном обогащении применялись в основном гравитационный и обжиго-магнитный способы.

При гравитационном обогащении для классов крупностью 25—2 мм применялась отсадка, а для материала крупностью 2—0 мм — концентрация на столах как в естественном виде, так и после предварительной подготовки путем дешламации или гидравлической классификации.

Отсадка не дала удовлетворительных результатов ввиду отсутствия в руде значительного количества чисто рудных или нерудных зерен крупностью выше 2 мм.

При концентрации же на столах руды крупностью 2—0 мм с последующим доизмельчением промежуточных продуктов до —0,2 мм были выделены окончательные концентраты и хвосты. Сравнительные опыты показали, что концентрация неклассифицированного материала дает относительно худшие результаты по сравнению с концентрацией подготовленного классификацией материала.

При гравитационном обогащении наилучшие результаты были получены по схеме, включающей в себя: 1) дробление исходной руды до 2 мм; 2) гидравлическую классификацию издробленной до 2 мм руды на шесть фракций; 3) концентрацию на столах каждой фракции в отдельности; 4) измельчение промежуточных продуктов, выделяющихся из

первых трех фракций, до — 0,2 мм, 5) концентрацию на столах измельченных до — 0,2 мм промежуточных продуктов с выделением окончательных концентратов и хвостов.

Полученные по этой форме результаты испытаний приведены в табл. 4 (в %).

Таблица 4

Наименование продуктов	Проба 1936 г.			Проба 1946 г.		
	выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа
Концентрат	50,83	56,10	75,02	44,35	52,70	63,98
Хвосты	37,32	15,10	14,82	34,03	18,78	17,48
Шламы	11,85	32,62	12,16	21,62	31,32	18,54
Исходная руда . . .	100,0	38,03	100,0	100,0	36,53	100,0

По этой схеме гравитационного обогащения мелкораздробленных гематитовых кварцитов были получены концентраты с содержанием железа 52,7—56,1% при извлечении железа 64—75%. При исследованиях имело место высокое содержание железа в шламах, превышающее 30%, что увеличивало общие его потери. Очевидно, что эти шламы следует подвергать флотации, но так как в период испытаний этих проб способ флотации для руд черных металлов не был разработан, то опыты с ним не производились. В хвостах содержание железа было равно 15—19%.

Следует также отметить, что результаты обогащения руды пробы 1946 г. значительно хуже результатов обработки пробы 1936 г., очевидно, вследствие наличия в пробе 1946 г. большего количества железистых силикатов.

При обжиго-магнитном обогащении руда дробилась до 25—12 мм, после чего подвергалась восстановительному обжигу в трубчатой печи. Обожженная руда обогащалась на магнитных сепараторах с нормальной напряженностью магнитного поля при различных крупностях измельчения. При крупности руды выше 2 мм не было получено удовлетворительных результатов.

На основании результатов опытного обогащения обоженной руды крупностью 2—0 мм и ниже по различным вариантам схем, можно сделать следующий вывод. При обработке руды по схеме, включающей в себя: 1) дробление до 25 мм с последующим восстановительным обжигом; 2) дробление обожженной руды до 2 мм; 3) магнитную сепарацию издробленной до 2 мм руды с выделением концентратов, промежуточных продуктов и хвостов; 4) измельчение промежуточных продуктов до —0,2 мм; 5) магнитную сепарацию измельченных промежуточных продуктов с выделением окончательных концентратов и хвостов, могут быть достигнуты результаты, приведенные в табл. 5 (в %).

Таблица 5

Наименование продуктов	Проба 1936 г.			Проба 1946 г.		
	выход	содержание железа	извлечение железа	выход	содержание железа	извлечение железа
Концентрат	55,56	57,92	83,75	41,1	58,20	70,58
Хвосты	34,84	12,52	11,35	46,9	18,90	26,15
Потери при обжиге .	9,60	—	4,90	12,0	—	3,27
Исходная руда . . .	100,0	38,44	100,0	100,0	33,92	100,0

Как видно из табл. 4 и 5, обжиго-магнитное обогащение позволяет получить концентраты удовлетворительного качества при более высоком извлечении в них железа, измеряемом 7—8%, по сравнению с гравитационным способом, за счет увеличения тонких рудных зерен, которые при концентрации на столах уходят в шламы. Надо полагать, что дополняя гравитационное обогащение флотацией, можно было бы получать примерно одинаковые результаты по обоим вариантам схемы.

Химический состав концентратов, полученных из руды пробы 1936 г. гравитационным способом, а из руды пробы 1946 г. — обжиго-магнитным способом, приведен в табл. 6 (в %).

Таблица 6

Наименование концентратов	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П. п. п.
Концентрат гравитационного обогащения по пробе 1936 г. . . .	57,92	10,48	12;77	1,26	0,64	0,53	Следы	Следы	0,45	0,10	4,10
Концентрат обжигомагнитного обогащения по пробе 1946 г.	59,04	45,08	17,03	Следы	1,12	1,02	0,15	Следы	—	0,29	Нет

Выделенные концентраты из руды пробы 1936 г. характеризуются несколько повышенным содержанием серы вследствие присутствия в них пирита.

Опыты флотации шламов и тонко измельченных промежуточных продуктов гравитационного обогащения, как указывалось выше, не ставились, но, как видно будет из описываемых ниже результатов флотации тонких гематитсодержащих продуктов, полученных из магнетито-гематитовых кварцитов, применение этого способа для выделения гематита из руд Курской магнитной аномалии не вызывает сомнений.

Поэтому следует сделать вывод, что гематитовые окисленные кварциты рационально обогащать гравитационным способом при соответствующей крупности измельчения с последующей флотацией шламов и тонко измельченных промежуточных продуктов.

Конкурирующим способом следует признать обжиго-магнитное обогащение, которое сможет иметь реальные шансы на осуществление при уменьшении стоимости восстановительного обжига.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕТИТОВЫХ ПЕРВИЧНЫХ КВАРЦИТОВ

Состав магнетитовых кварцитов

Основным рудным минералом магнетитовых кварцитов всех отобранных и испытанных в период 1936—1950 гг. восьми проб является магнетит. Кроме того, в незначительных количествах наблюдаются мартит, гематит и гидроокислы железа.

Нерудная часть представлена в основном кварцем. Значительное распространение также имеют железистые силикаты, в частности хлорит, роговая обманка и слюды, а также карбонаты, в частности кальцит. Соотношение между кварцем и железистыми силикатами изменчиво и, как следствие этого, изменчиво содержание железа, химически связанного с нерудной частью.

Из сульфидов встречены пирит и халькопирит.

В магнетитовых кварцитах ясно выражено чередование рудных и нерудных полос, причем в рудных полосах, кроме рудных минералов, имеются в значительном количестве вкрапления нерудных минералов, а в нерудных полосах наблюдаются рассеянные вкрапления рудных минералов, но не в очень значительных количествах. Мощность рудных и нерудных полос колеблется от едва заметных величин до единиц миллиметра, причем верхний предел мощности нерудных полос больше верхнего предела мощности рудных полос.

Вкрапления магнетита имеют различные размеры от тысячных до десятых долей миллиметров, но в большинстве случаев они меньше 0,2—0,1 мм. Крупность нерудных минералов изменяется от тысячных долей до единиц миллиметров, причем вкрапленников размеров выше 1 мм наблюдается значительное количество.

Пробы для испытаний отбирались из следующих мест: 1) пробы № 2 и 3 (1936 г.) — при проходке шахты № 1 на горизонте 149; 2) пробы № 2 и 3 (1946 г.) — из общих отвалов шахты № 1, образованных в результате проходки шахты № 1 в местах, предположительно близких к 145 горизонту; 3) проба № 2 (1948 г.) — из водосборника шахты нового рудника им. И. М. Губкина и 4) пробы 1, 3 и 5 (1948 г.) — из забоев горизонта 145 шахты № 1. Следует отметить, что в пробах 1936 г. содержание железа несколько выше, чем в пробах 1946—1948 гг. и что в двух пробах 1946 г. количество железистых силикатов больше и, следовательно, пустая порода сильнее обогащена химически связанным с ней железом, чем в других шести пробах.

Химический состав руды восьми указанных проб (в %) приведен в табл. 7.

Таблица 7

Номер пробы	Год взятия	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П. п. п.
2	1936	34,82	13,66	41,83	3,95	1,95	1,92	0,06	0,07	0,10	0,16	1,69
3	1936	35,16	14,32	38,94	0,98	2,56	2,04	0,07	0,04	0,06	0,24	—
2	1946	30,50	12,25	42,38	5,26	2,72	5,59	—	—	0,11	0,38	3,10
3	1946	32,95	11,55	44,29	3,89	2,26	2,10	0,32	0,08	0,07	0,11	1,20
Тоннажная проба	1948	31,20	10,71	47,98	3,06	1,47	1,65	следы	0,1	0,03	0,23	1,24
1	1948	30,02	14,14	44,21	5,78	3,17	2,89	0,11	0,3	0,07	0,25	1,81
3	1948	33,20	15,10	41,36	3,90	3,32	2,88	0,08	0,16	0,27	0,23	2,10
4	1948	33,39	15,0	43,28	1,95	2,68	2,74	0,08	0,20	0,17	0,28	1,96

В пробах магнетитовых кварцитов не наблюдается значительного количества вредных примесей, и они нуждаются главным образом в обогащении железом.

Опытное обогащение магнетитовых кварцитов

Исходная руда магнетитовых кварцитов имела весьма крупнокусковой характер. В ней выход класса крупностью больше 100 мм составлял от 35 до 51%.

Основным способом при их опытном обогащении являлась магнитная сепарация на сепараторах с нормальной напряженностью магнитного

поля. Частично применялась концентрация на столах для тонкозернистых отходов магнитной сепарации с целью извлечения слабомагнитных рудных минералов.

Опытами установлено, что хвосты, не содержащие магнитных рудных минералов, для всех проб получаются при крупностях, начиная с 1 мм и ниже, что удовлетворительный концентрат получается только после доизмельчения руды или промежуточных продуктов до крупности 0,2—0 мм и тоньше.

Опытами также показано, что относительно удовлетворительные по качеству хвосты получаются и при несколько бóльших крупностях, чем 1 мм, причем для различных проб верхний предел крупности для получения этих хвостов, отличающихся по содержанию железа на 1—1,5%, различен. Так, по пробе № 2 и 3 (1936 г.) такие хвосты можно выделять при крупности 2—0 мм; по пробе № 2 (1946 г.) — при крупности 6—0 мм; по пробе № 3 (1946 г.) — при крупности 12—0 мм и по пробам (1948 г.) при крупности 3—0 мм.

Применение концентрации на столах для тонкозернистых отходов магнитной сепарации по различным пробам дало различный эффект, но в общем мало удовлетворительный.

Так, для руд проб № 2 и 3 (1936 г.) выход концентрата со столов с содержанием железа 53—55% составлял около 7% от продукта, поступающего в концентрацию, что повышало общее извлечение железа из руды на 2,5—4%.

По пробам же № 2 и 3 (1946 г.), а также по пробам 1948 г. концентрация на столах дала еще худшие, практически неудовлетворительные результаты.

Эти опыты убеждают в том, что в магнетитовых кварцитах нет значительного количества рудных слабомагнитных минералов.

Результаты опытного обогащения магнетитовых кварцитов по схемам, обеспечивающим получение удовлетворительных концентратов и отвальных хвостов, приведены в табл. 8 (в %).

Эти схемы в основном включили: 1) валовое дробление руды до 6—1 мм с последующей магнитной сепарацией, при которой выделялись хвосты и промежуточный продукт; 2) измельчение полученного промежуточного продукта до —0,2 (0,1) — 0 мм и магнитную его сепарацию, при которой выделялись только конечные продукты, т. е. концентрат и хвосты.

По отдельным пробам применялась различная крупность измельчения руды и промежуточных продуктов.

Получение концентратов с содержанием железа около 60% по пробам, взятым в 1936 г., вполне обеспечивается после измельчения промежуточных продуктов до 0,2—0 мм. По пробам же, взятым в 1946 и 1948 гг., для получения таких концентратов требуется более тонкое измельчение, до —0,1 мм. Более высокое содержание железа в концентрате, примерно 64—66%, достигалось после измельчения промежуточных продуктов до — 0,07 мм, что проводилось не по всем пробам и в табл. 8 не отражено.

Отмечается более высокое содержание железа в хвостах, полученных из руды проб, взятых в 1946 г., что объясняется наличием в них большего количества железистых силикатов. Контрольные опыты обогащения, поставленные на хвостах, содержащих силикаты после доизмельчения их до 0,07 мм, показали, что в них невозможно значительно понизить содержание железа механическими способами. Это обстоятельство предопределило собой пониженное извлечение железа в пробах со значительным распространением силикатов по сравнению с пробами, где силикаты

Таблица 8

Номер пробы	Год взятия пробы	Варианты схем обогащения	Наименование продуктов	Выход	Содержание железа	Извлечение железа
2	1936	Магнитная сепарация при крупности 1—0 мм для выделения хвостов с последующей магнитной сепарацией промежуточного продукта, измельченного до —0,2 мм	Концентрат	49,86	60,05	85,98
			Хвосты	50,14	9,74	14,02
			Исходная руда	100,0	34,82	100,0
3	1936	Предыдущий вариант	Концентрат	49,72	60,20	85,81
			Хвосты	50,28	9,84	14,19
			Исходная руда	100,0	34,89	100,0
2	1946	Магнитная сепарация при крупности 6—0 мм для выделения хвостов с последующей магнитной сепарацией промежуточного продукта, измельченного до —0,2 мм	Концентрат	37,00	55,87	67,17
			Хвосты	63,00	16,00	32,83
			Исходная руда	100,0	30,77	100,0
3	1946	Предыдущий вариант	Концентрат	50,50	51,20	77,9
			Хвосты	49,50	14,80	22,1
			Исходная руда	100,0	33,12	100,0
2	1946	Предыдущий вариант, но с измельчением промежуточных продуктов до —0,1 мм и последующей их сепарацией	Концентрат	31,84	63,75	65,97
			Хвосты	68,16	15,34	34,03
			Исходная руда	100,0	30,77	100,0
3	1946	Предыдущий вариант	Концентрат	41,12	59,8	74,24
			Хвосты	58,88	14,5	25,76
			Исходная руда	100,0	33,12	100,0
Тоннажная проба	1948	Магнитная сепарация при крупности 3—0 мм с выделением хвостов и последующей магнитной сепарацией промежуточных продуктов после измельчения до 0—2 мм	Концентрат	46,81	55,05	83,18
			Хвосты	59,19	9,81	16,82
			Исходная руда	100,0	30,98	100,0
То же	1948	Предыдущий вариант, но с доизмельчением промежуточных продуктов до —0,1 мм	Концентрат	44,16	60,11	85,69
			Хвосты	55,84	7,98	14,31
			Исходная руда	100,0	30,98	100,0
1	1948	Предыдущий вариант	Концентрат	43,93	59,50	85,24
			Хвосты	56,07	8,05	14,76
			Исходная руда	100,00	30,59	100,0
3	1948	То же	Концентрат	48,33	60,25	87,91
			Хвосты	51,67	7,74	12,09
			Исходная руда	100,0	33,09	100,00
4	1948	»	Концентрат	48,40	59,80	87,33
			Хвосты	51,60	8,12	12,67
			Исходная руда	100,00	33,11	100,00

Продолжение табл. 8

Номер пробы	Год взятия пробы	Варианты схем обогащения	Наименование продуктов	Выход	Содержание железа	Извлечение железа
1	1948	Предыдущий вариант, но с доизмельчением промежуточных продуктов до 0,15 мм	Концентрат	47,49	55,00	85,48
			Хвосты	52,51	8,45	14,52
			Исходная руда	100,00	30,59	100,00
3	1948	Предыдущий вариант	Концентрат	49,44	59,20	88,35
			Хвосты	50,56	7,62	11,65
			Исходная руда	100,00	33,09	100,00
4	1948	То же	Концентрат	51,28	56,80	87,95
			Хвосты	48,72	8,18	12,05
			Исходная руда	100,00	33,11	100,00

распространены слабо, а именно, если в последних оно было выше 85%, то по первым пробам оно колебалось в пределах 66—78%. Состав нерудной части, очевидно, будет одним из важных факторов, предопределяющих собой общее извлечение железа из данных руд. Результаты химического анализа концентратов, полученных из отдельных проб руды, приведены в табл. 9 (в %).

Таблица 9

Номер пробы	Год взятия пробы	Химический состав в %										
		Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П. п. п.
2	1936	59,63	23,13	13,30	1,93	0,64	0,72	0,05	Следы	0,02	0,08	0,02
3	1936	58,47	22,64	14,47	1,72	1,02	0,35	0,06	Следы	0,02	0,09	0,02
2	1946	64,20	20,25	8,82	0,72	0,57	1,03	0,07	0,06	0,04	0,21	Нет
3	1946	61,20	20,69	12,28	0,99	0,63	1,29	0,05	0,08	0,03	0,09	„
Тоннажная проба	1948	59,82	24,04	14,72	1,56	2,00	1,38	0,10	0,10	0,01	0,22	„
1	1948	60,52	24,17	12,96	1,44	0,48	1,14	0,05	0,08	0,03	0,10	„
3	1948	64,06	24,07	10,48	1,66	0,38	0,87	0,05	0,06	0,03	0,08	„
4	1948	63,60	25,00	9,88	1,30	0,54	0,90	0,05	0,05	0,07	0,07	„

Выделенные при опытном обогащении магнетитовых кварцитов концентраты чисты по сере и имеют малое содержание фосфора при резком преобладании в шлакообразующих компонентах кремнезема.

Следует отметить, что магнетитовые первичные кварциты Курской магнитной аномалии необходимо обогащать способом магнитной сепарации на сепараторах с нормальной напряженностью магнитного поля в две стадии по следующей схеме: при крупности измельчения 3—0 мм, при которой выделяются хвосты и промежуточные продукты, и при крупности 0,1—0 мм, до которой доизмельчаются промежуточные продукты первой стадии, т. е. в разрезе обогащения отнести их к магнитным.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕТИТО-ГЕМАТИТОВЫХ ПЕРВИЧНЫХ РУД

Вещественный состав магнетито-гематитовых первичных руд

По своему минералогическому составу и по текстурным особенностям магнетито-гематитовые первичные кварциты аналогичны магнетитовым

кварцитам с той лишь разницей, что в них присутствует в значительном количестве гематит (железная слюдка), доходящий до 10% и выше.

По последним данным, гематит весьма распространен в тех кварцитах, где нерудная часть имеет в своем составе щелочно-амфиболовые минералы, карбонаты и кварц. В тех же кварцитах, где присутствует куммингтонит, первичный гематит обычно содержится в незначительном количестве; из рудных минералов в них присутствует преимущественно магнетит.

В Механобре исследовались три пробы магнетито-гематитовых кварцитов КМА. Одна из них, проба № 2 (1948 г.), взята из забоев горизонта 145, другая, проба № 5 (1950 г.), взята на том же горизонте 145, но из других забоев и, наконец, третья проба (1951 г.) взята из горных выработок подготовляемого к первоочередной эксплуатации горизонта опытного Южно-Коробковского рудника (щелочно-амфиболовые кварциты). Химический состав магнетито-гематитовых кварцитов (в %) приведен в табл. 10.

Таблица 10

Номер пробы	Год взятия пробы	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П. п. п.
2	1948	34,62	12,14	42,91	3,60	2,30	2,17	0,11	0,10	0,07	0,21	1,12
5	1950	36,10	10,19	42,10	3,42	1,54	1,98	0,08	0,09	0,01	0,23	—
—	1951	38,75	10,12	36,80	1,31	2,21	1,97	0,10	0,05	0,09	0,15	0,92

Магнетито-гематитовые кварциты имеют практически тот же химический состав, что и магнетитовые кварциты, отличаясь лишь несколько пониженным содержанием закиси железа.

Опытное обогащение магнетито-гематитовых первичных кварцитов

Опытное обогащение магнетито-гематитовых кварцитов осуществлялось в двух направлениях. По одному из них вначале выделялся магнетитовый концентрат по той же схеме, которая разработана для магнетитовых кварцитов, а затем хвосты магнитной сепарации обогащались с целью извлечения из них гематитового концентрата путем применения гравитационных процессов и флотации.

По другому направлению исходная руда намагничивалась путем обжига и в дальнейшем обогащалась по той же схеме, что и магнетитовые кварциты, поскольку при обжиге гематит намагничивался и приобретал магнитные свойства, аналогичные магнетиту.

В период исследований флотационный способ для извлечения гематитов в СССР еще не был разработан. Поэтому, в соответствии с отечественными и заграничными данными, для флотации его был применен в качестве коллектора олеат натрия, который дал положительные результаты. Однако стоимость его весьма высока и поэтому применение его не экономично. В целях изыскания новых более экономичных реагентов лабораторией черных металлов Механобра, в содружестве с Институтом жиров, были проведены исследования с серией различных реагентов, увенчавшиеся успехом.

При исследованиях было выяснено, что для флотации гематита можно применять, кроме олеиновой кислоты, олеата натрия, различные ре-

агенты, являющиеся продуктами окисления керосина и парафина, продуктами конденсации жирных кислот с белками и метилтаурином, а также солями сульфокислот, получаемых из нефти. Флотация с этими реагентами в некоторых случаях оказалась даже более эффективной, чем с олеиновой кислотой и олеатом натрия, которые до последнего времени считались наилучшими реагентами для указанной цели.

В результате проведенных исследовательских работ был сделан вывод, что для флотации гематитсодержащих хвостов наиболее рационально применение окисленного керосина или жирной кислоты в количествах 1—1,5 кг/т, при загрузке серной кислоты 0,25—0,5 кг/т.

Производство окисленного керосина не вызывает трудностей, а стоимость его примерно на 30% выше обычного керосина.

Жирная кислота является отходом производства. Лабораторные опыты с применением окисленного керосина и жирной кислоты были проведены на полупромышленной установке в замкнутом цикле и дали также положительные результаты.

Полученный при флотации концентрат имел содержание железа около 57% при содержании кремнезема 7% и основных окислов 6,18%, т. е. являлся практически самоплавким и по своему качеству соответствовал концентратам магнитной сепарации, имеющим содержание железа около 64%, так как в последних количество кремнезема было около 9%, а основных окислов около 0,9%. Это объясняется тем, что при флотации извлекаются в концентрат также и карбонаты.

Следует отметить, что высококачественные флотационные концентраты получались только после удаления из исходного материала тонкодисперсных частиц крупностью порядка 5—10 μ. Извлечение железа в концентрат было около 85%.

При гравитационном обогащении тех же хвостов магнитной сепарации путем классификации и концентрации на столах гематит извлекался в количестве около 50%, причем качество концентрата было резко ухудшено, так как в нем содержание железа было около 53%, а содержание кремнезема около 18%.

При обжиго-магнитном обогащении магнетито-гематитовых кварцитов магнетит и намагниченный гематит извлекались совместно магнитной сепарацией с весьма высоким извлечением металла. Однако суммарное извлечение железа магнитно-флотационным способом по пробе № 2 1948 г. оказалось не резко от него отличным. Ввиду того что обжиг является весьма дорогой операцией, после технико-экономических сравнений был сделан вывод о предпочтительности для обогащения гематитсодержащих хвостов, комбинированного магнитно-флотационного способа. По этой причине к другим пробам магнетито-гематитовых кварцитов, взятым в 1950 и 1951 гг., обжиго-магнитное обогащение не применялось. В табл. 11 приведены суммарные результаты обогащения магнетито-гематитовых кварцитов в КМА по различным вариантам схем.

Химический состав полученных концентратов (в %) приведен в табл. 12.

Таким образом, для обогащения магнетито-гематитовых первичных кварцитов следует применять комбинированное магнитно-флотационное обогащение, причем магнитное обогащение необходимо вести по той же схеме, которая рациональна для магнетитовых первичных кварцитов, с целью выделения магнетитового концентрата, а флотацию применять для тонкозернистых хвостов магнитной сепарации с целью выделения гематитового концентрата.

Таблица 11

Номера проб	Год взятия пробы	Варианты схем обогащения	Полученные продукты	Выход	Содержание железа	Извлечение железа
				в %		
2	1948	Магнитное обогащение при крупности 3—0 мм, где выделяются хвосты с последующим доизмельчением промежуточных продуктов до —0,1 мм и их вторичной магнитной сепарацией и концентрацией на столах	Магнитный концентрат	42,17	61,35	73,49
			Гравитационный концентрат	6,81	53,06	10,24
			Суммарный концентрат	48,98	60,3	83,73
			Хвосты	61,02	11,25	16,27
			Исходная руда	100,00	35,27	100,00
2	1948	Предыдущий вариант, но при замене концентрации на столах флотацией	Магнитный концентрат	42,17	61,35	73,49
			Флотационный концентрат	11,01	54,40	16,98
			Суммарный концентрат	53,18	60,0	90,47
			Хвосты	46,82	7,2	9,53
			Исходная руда	100,00	35,27	100,0
2	1948	Обжиго-магнитное обогащение при тех же крупностях измельчения	Концентрат	52,16	62,22	91,77
			Хвосты	45,44	6,40	8,23
			Потери при обжиге	2,40	—	—
			Исходная руда	100,0	35,27	100,0
5	1950	Магнитно-флотационное обогащение при тех же крупностях	Магнитный концентрат	35,05	64,4	52,6
			Флотационный концентрат	17,95	57,1	28,4
			Суммарный концентрат	53,0	61,9	91,0
			Хвосты	47,0	6,9	9,0
			Исходная руда	100,0	36,1	100,0
	1951	Предыдущий вариант	Магнитный концентрат	33,45	67,12	58,02
			Флотационный концентрат	23,77	58,98	35,97
			Суммарный концентрат	57,22	63,74	93,99
			Хвосты	42,78	5,45	6,01
			Исходная руда	100,00	38,86	100,00

Технология агломерации тонких концентратов КМА (по данным И. М. Архипова)

Детальным испытаниям агломерации подвергался концентрат крупностью — 0,1 мм, полученный магнитной сепарацией из тоннажной пробы 1948 г. В несколько меньшем объеме проводились испытания агломерации концентрата этой же пробы крупностью — 0,2 мм с пониженным содержанием железа, которые ведут себя при этом процессе в основном так же, как и концентраты крупностью — 0,1 мм.

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Агломерационная шихта из тонких концентратов одной пробы магнетитовых кварцитов КМА при смешении и увлажнении плохо окомковывается и дает малоустойчивые комья, легко разрушающиеся при высыхании. Вследствие этого газопроницаемость агломерационной шихты пониженная и процесс спекания характеризуется замедленной скоростью, а также низкой и неустойчивой производительностью агломерационной установки.

Таблица 12

Навание концентрата	Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P_2O_5	П.п.п.
Магнитный концентрат пробы № 2 1948 г.	64,06	24,07	10,48	1,66	0,38	0,87	0,05	0,06	0,03	0,08	Нет
Магнитно-гравитационный концентрат пробы № 2 1948 г.	62,52	20,80	11,40	1,50	0,56	0,88	0,04	0,06	0,05	0,10	Нет
Магнитный концентрат пробы № 5 1950 г.	64,42	25,96	8,80	0,93	0,40	0,50	0,06	0,1	0,08	0,04	Нет
Флотационный концентрат пробы № 5 1950 г.	57,14	0,66	7,00	0,50	3,30	2,88	0,11	0,10	0,08	0,25	4,08
Магнитный концентрат пробы 1951 г.	66,98	23,03	3,62	0,70	0,49	0,27	Следы	Следы	0,055	0,045	Нет
Флотационный концентрат пробы 1951 г.	57,95	0,88	7,79	0,94	2,98	1,90	0,07	0,02	0,18	0,18	—

2. Укрупнение агломерационной шихты за счет повышенной добавки возврата до 50% заметно улучшает газопроницаемость шихты и повышает удельную производительность агломерационной установки.

3. Присадка в шихту известняка крупностью 3—0 мм в количестве от 5 до 10% от рудной части значительно повышает и заметно стабилизирует технологические показатели процесса агломерации.

4. Средняя удельная производительность агломерационной установки при спекании тонких концентратов без присадки известняка составляет 0,66 т/час на 1 м² площади всасывания или 33 т/час на агломашину 50 м². Для данного случая шихта должна состоять из концентрата — 59%, возврата — 25%, коксика — 6—7% и влаги — 9—10%.

5. Средняя удельная производительность агломерационной установки при агломерации тонких концентратов с присадкой известняка повышается до 1,06 т/час на 1 м² площади всасывания или 53 т/час на агломашину 50 м² площади всасывания. В данном случае шихта должна состоять из концентрата — 54%, возврата — 20,8%, известняка — 8,4%, коксика — 8,4% и влаги — 8,4%.

Учитывая, что известняк резко повышает производительность агломашины и дает возможность получить офлюсованный агломерат, следует ориентироваться на этот способ агломерации.

Заключение по опытному обогащению

1. Исследованные к настоящему времени различные руды Курской магнитной аномалии позволяют считать, что в разрезе подготовки их к плавке следует различать четыре основных типа руд: 1) богатые руды; 2) гематитовые окисленные кварциты; 3) магнетитовые первичные кварциты; 4) магнетито-гематитовые первичные кварциты.

2. Каждый из указанных типов руды требует различных способов подготовки к плавке, которые разработаны Механобром в период исследований 1932—1951 гг.

3. Задача подготовки к плавке богатых руд, состоящих в основном из гематита (мартита) и сидерита, с содержанием серы выше 1% успешно разрешается применением к ним агломерации после дробления до крупности 12—0 мм, при которой вполне обеспечивается требуемое удаление серы.

При меньших, но все же некондиционных, содержаниях серы заслуживает внимания комбинированный способ подготовки таких руд путем обжига дробленых крупных классов и агломерации мелочи. И, наконец, для малосернистых богатых руд подготовка к плавке должна заключаться в дроблении и сортировке по крупности с последующей агломерацией мелкого класса.

4. Обогащение гематитовых окисленных кварцитов рационально осуществлять комбинированным гравитационно-флотационным способом по намечаемой принципиальной схеме, включающей в себя: 1) дробление всей руды до крупности 2 (0,6)—0 мм с последующим обогащением отсадкой или концентрацией на столах и 2) флотацию тонко измельченных промежуточных продуктов и шламов.

По указанной схеме из гематитовых окисленных кварцитов КМА, имеющих железа 35—38%, следует ожидать получение концентратов с содержанием железа 53—56% при извлечении железа порядка 80% и выходе 50—55%.

Для гематитовых окисленных кварцитов эффективен обжиго-магнитный способ, который также может быть к ним применен, если будет возможность экономично осуществлять намагничивающий обжиг.

5. Обогащение магнетитовых кварцитов рационально вести магнитным способом на сепараторах с нормальной напряженностью магнитного поля по намечаемой схеме в две стадии при крупности измельчения 3—0 мм, где выделяются хвосты и промежуточный продукт с дальнейшим измельчением промежуточных продуктов до 0,1 мм и последующей их магнитной сепарацией, где выделяются концентрат, а также хвосты.

По указанной схеме из магнетитовых кварцитов с содержанием железа 33—34% можно получать концентраты, содержащие 60% железа, при извлечении 80% и выходе около 44—45%.

6. Магнетито-гематитовые первичные кварциты следует обогащать комбинированным магнитно-флотационным способом, причем магнитной сепарацией выделять магнетитовый концентрат по той же схеме, которая рациональна для магнетитовых кварцитов, а гематитовый концентрат выделять флотацией из тонко измельченных хвостов магнитной сепарации.

Указанным путем из магнетито-гематитовых кварцитов, содержащих 33—34% железа, можно получить суммарный концентрат с содержанием железа около 60% при извлечении железа 80—88% и выходе около 48—50%.

7. Концентраты, полученные как из магнетитовых, так и из гематитовых кварцитов, необходимо агломерировать с присадкой дробленого зернистого известняка в целях увеличения газопроницаемости шихты и повышения производительности агломерационных машин с одновременным получением менее кислого или даже самоплавкого агломерата.

При добавке в шихту известняка в пределах 5—10% и возврате в количестве 20—25% производительность агломашины с площадью всасывания 50 м^2 будет порядка 53 т в час по годному агломерату, что является вполне удовлетворительным.

8. Таким образом, проблема подготовки к плавке основных типов руд КМА является разрешенной в лабораторном и полупромышленном масштабе.

9. Для магнетитовых кварцитов результаты исследовательских работ в настоящем подтверждены промышленной практикой работы опытной фабрики, которая построена в 1952 г. и эксплуатируется в настоящее время, выпуская магнетитовый концентрат и офлюсованный агломерат.

10. Несмотря на то что проблемы обогащения и агломерации отдельных типов руд КМА в основном разрешены в лабораторном масштабе, а для магнетитовых кварцитов подтверждены и промышленной практикой, необходимо все же продолжить исследования отдельных разновидностей руд, выявляемых на новых разведуемых площадях в пределах КМА, обратив особое внимание на флотацию гематита и карбонатов с выделением в хвосты силикатов и кварца. Кроме того, необходимо вести исследовательские работы по уточнению отдельных схем обогащения, а также по агломерации с получением офлюсованного агломерата.

Эти работы целесообразно проводить в основном на месторождении, а также частично в Механобре на укрупненных пробах, результаты которых должны служить базой для положений, принимаемых проектом для будущих больших обогатительных и агломерационных фабрик.

11. Необходимо также возможно быстрее построить спроектированное опытное флотационное отделение при обогатительной фабрике на Коробковском руднике для флотации гематита и кальцита, где этот способ будет проверен производственной практикой флотации руд черных металлов.

Я. Н. БЕЛЕВЦЕВ

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ СВИТ ДОКЕМБРИЯ СССР

Среди многочисленных типов месторождений железных руд СССР имеют чрезвычайно важное значение и занимают особое место месторождения, связанные с железистыми роговиками докембрийского возраста, вызывающими мощные магнитные аномалии.

Железистые кварциты являются носителями богатейших залежей железных руд, поиски и разведка которых входят в задачу многочисленных геологических организаций нашей страны. Вследствие исключительной сложности геолого-тектонического строения района распространения железистых пород, а также морфологических особенностей рудных залежей, поисковые работы сильно затруднены и требуют глубокого изучения закономерностей, приведших к формированию рудных месторождений этого типа.

Ввиду исключительного значения эффективности разведочных и поисковых работ в районах развития железистых роговиков и джеспилитов, нами, на основании многолетнего опыта разведочных работ Кривого Рога, проведено сравнительное изучение этих пород.

На территории нашей страны железистые роговики и джеспилиты (т. е. железистые кварциты.— *Ред.*) развиты широко не только в районе Кривого Рога, но и в районах Кольского полуострова, Курской магнитной аномалии, Казахстана, Малого Хингана, Соснового Байца в Восточных Саянах, а также на многочисленных магнитных аномалиях Украины. Среди железистых пород докембрия СССР особое внимание привлекают тонкополосчатые железистокварцевые (железистые кварциты. — *Ред.*) породы, весьма сходные между собой, хотя и удаленные одна от другой на многие сотни и тысячи километров.

Для многих участков железистых пород характерны сходство литологического состава и стратиграфического разреза, сложное складчатое строение с многочисленными разрывными структурами, а также наличие эффузивных амфиболитов, подстилающих или чередующихся с железистыми породами.

Рассмотрим основные черты геологического строения наиболее важных районов распространения железистых пород.

Криворожский бассейн и многочисленные магнитные аномалии Украины располагаются в пределах центральной и восточной частей кристаллического массива. Железистые породы образуют здесь более или менее выдержанные четыре пояса, подчиненные субмеридиональным складчатым структурам. Субмеридиональные складчатые пояса железорудных пород, от Криворожской полосы на западе до Корсак Могилы на востоке, имеют общую ширину свыше 200 км. На севере они уходят за пределы украинского кристаллического массива и прослеживаются севернее Днепровско-Донецкой впадины в виде курских магнитных аномалий.

Первый пояс протягивается в субмеридиональном направлении, с местными отклонениями до северо-западного и даже широтного. Он пересекает украинский кристаллический массив на протяжении около 230 км от ст. Николо-Козельск на юге до ст. Бровары на севере, проходя через города Кривой Рог и Кременчуг, вдоль бассейнов рек Ингульца, Саксагани и Желтой; охватывает Криворожский бассейн и Кременчугскую магнитную аномалию, а также многочисленные мелкие магнитные аномалии, приуроченные к западной окраине пояса.

Второй пояс проходит к востоку от Кривого Рога и включает в себя Верховцевскую и Чертомлыкскую магнитные аномалии. Породы железорудной формации в пределах второго пояса представлены железистыми роговиками и амфиболитами с подчиненным количеством хлоритовых и амфиболовых сланцев. В отличие от Кривого Рога, они характеризуются отсутствием дороговиковой — филлито-песчанистой толщи и покрывающей — сланцево-карбонатно-углистой, а также чередованием железистых роговиков с эффузивными амфиболитами.

В районе Чертомлыкской и Верховцевской аномалии широкое распространение получили плагиоклазовые метабазиты и меньшее — альбитизированные амфиболиты, серпентиниты, альбитофиры и амфиболовые, хлорито-амфиболовые и хлорито-амфиболо-биотитовые сланцы.

Метабазиты нижней части р. Базавлука (с. Шолохово), Верховцевской магнитной аномалии, р. Мокрая Сура и района Чертомлыкской аномалии (по балке Казарской) по существу ничем не различаются между собой. Главными породообразующими минералами в них являются роговая обманка (53—55%) и плагиоклаз (40—43%). По химическому составу они отличаются большим постоянством и характеризуются содержанием: SiO_2 — около 48%, с отклонениями от 46 до 50%; Al_2O_3 — около 16%, с отклонениями от 14 до 17%; $Fe_2O_3 + FeO$ — около 13%, с отклонениями от 10 до 14,5%; MgO — около 7%, с отклонениями от 5 до 8,5%; CaO — около 10%, с отклонениями от 7 до 11%; $Na_2O + K_2O$ — около 2,5%, с отклонениями от 2 до 3,1% (табл. 1).

Амфиболовые, хлорито-амфиболовые и другие сланцы, получившие некоторое распространение в Верховцевской аномалии, преимущественно среди пластов железистых роговиков, имеют удивительно сходный химический состав с метабазитами. Они часто напоминают рассланцованные амфиболиты, в значительной степени хлоритизированные и обедненные кремнекислотой и плагиоклазом.

Железистые роговики встречаются тонкими пластами в 2—5 м, редко достигая 20 м. По простиранию они вытягиваются на небольшие расстояния, измеряемые десятками и сотнями метров, реже несколькими километрами. Цепочки магнетита, образующие рудные прослои, часто в деталях настолько тесно переплетаются с амфиболом амфиболитов, что можно думать об их метаморфическом происхождении. Наряду с этим иногда встречаются карбонатно-магнетитовые тонкополосчатые роговики, переслаивающиеся с хлорито-биотитовыми сланцами и напоминающие криворожские железистые породы.

Метабазиты подстилают и перекрывают железистые породы, точнее эти последние размещаются в средней части мощной эффузивной свиты, которая, в свою очередь, прорвана многими интрузиями серых и красных гранитов. Во многих местах по р. Базавлук видно, что толща метабазитов прорывается микроклино-плагиоклазовыми серыми гранитами, а в устье р. Каменки — микроклиновыми Токовскими гранитами.

Третий пояс составляет группа Запорожских аномалий, прослеженных вдоль р. Конки, продолжением которых на юге является Мало-Белозерская аномалия. Железорудная свита представлена железистыми рого-

Таблица 1

Химические анализы амфиболитов и сланцев железорудных свит докембрия СССР (содержание компонентов дано в %)

Компоненты	Номера анализов															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO_2	44,43	48,89	48,20	48,44	47,60	47,48	46,80	46,14	48,66	49,14	56,62	56,17	59,96	61,75	23,98	48,50
TiO_2	2,64	2,52	2,19	0,49	0,59	0,83	0,5	0,45	1,58	0,83	1,29	0,99	0,55	0,62	3,25	0,10
Al_2O_3	14,55	14,40	13,32	16,40	16,98	14,81	18,99	14,95	11,26	12,86	14,68	13,48	27,85	23,49	15,60	0,07
Fe_2O_3	4,33	6,07	2,74	1,08	0,52	2,94	2,06	1,86	4,16	3,43	2,72	4,24	1,51	3,72	12,98	2,08
FeO	8,96	7,26	10,17	11,66	10,51	11,34	6,47	9,48	14,37	13,94	9,00	8,72	—	—	33,51	31,76
MnO	0,26	0,23	0,22	0,17	0,13	0,30	0,14	0,06	0,28	0,28	0,19	0,19	—	—	—	1,08
MgO	7,27	4,85	6,26	7,06	7,33	7,60	6,48	10,82	5,25	5,76	3,36	3,18	0,48	0,41	2,93	10,10
CaO	6,44	5,42	11,11	10,41	12,24	9,93	11,05	9,20	8,70	4,34	4,58	4,86	0,81	0,18	—	3,17
Na_2O	1,58	2,85	1,98	2,00	1,47	2,77	2,14	1,28	2,85	2,80	5,19	4,63	0,79	2,86	0,76	—
K_2O	4,27	1,61	0,19	0,72	0,37	0,23	0,02	0,34	0,20	0,11	0,54	1,98	3,62	4,45	1,09	0,33
П.п.п.	4,72	6,13	3,49	1,62	2,23	1,88	3,00	4,44	2,22	6,13	1,49	1,66	4,60	3,89	5,15	3,00
CO_2	—	—	—	—	—	—	1,10	—	—	—	—	—	0,63	—	—	—
H_2O	0,42	0,33	0,20	0,16	0,24	0,24	0,14	0,33	0,12	0,32	0,46	0,49	0,11	0,15	0,25	0,24
SO_3	—	—	—	—	—	—	0,16	—	—	–	—	—	0,13	—	–	–
	99,87	100,56	100,07	100,21	100,08	100,35	99,08	99,35	99,65	99,94	100,12	100,59	101,04	100,59	99,48	100,43

Примечание. Номера анализов в табл. 1 означают:

1, 2, 3 — альбитизированный диабаз, альбитизированный порфирит и афировый порфирит Карсакпайской свиты, по Ю. И. Половинкиной (1952).

4,5 — плагиоклазовый амфиболит и эпидотизированный амфиболит р. Базавлук, по И. С. Усенко (1953).

6 — амфиболит Чертомлыкской аномалии (*16*).

7, 8 — амфиболиты района Верховцевской аномалии (*16*).

9 — амфиболовый сланец Верховцевской аномалии.

10 — амфиболит хлоритовый р. Конки (*16*).

11, 12 — эпидиабазы р. Саксагани в устье б. Глееватой и Дубовой (*15*).

13, 14 — аспидные сланцы Кривого Рога, по П. М. Каниболоцкому (1946).

15, 16 — хлоритовые сланцы Кривого Рога, по П. М. Каниболоцкому (1946).

виками, амфиболитами и сланцами, имеющими близкое к северо-восточному простирание.

Породы, вскрытые в Запорожско-Конской магнитной аномалии, представлены амфиболитами, которые, по данным И. С. Усенко (1953), с одной стороны переходят в амфиболовые сланцы, в которых полевой шпат отсутствует, с другой — в тальково-карбонатные породы, которые рассматриваются как продукт метаморфизма гипербазитов. Амфиболиты Запорожско-Конской магнитной аномалий, все без исключения, содержат значительное количество хлорита. По минералогическому составу И. С. Усенко выделяет: хлоритовые амфиболиты, актинолититы и тальково-карбонатные породы. По химическому составу хлоритовые амфиболиты р. Конки (по данным В. Д. Степанец, табл. № 1) характеризуются содержанием: SiO_2 — 49,1%, Al_2O_3 — 12,86%, $FeO + Fe_2O_3$ — 17,3%, MgO — 5,76%, CaO — 4,34% и $Na_2O + K_2O$ — 4,5%, т. е. весьма близким к химическому составу амфиболитов района Верховцева и Чертомлыка. Среди амфиболитов Конской магнитной аномалии встречены хлоритовые, хлорито-биотитовые, хлорито-серицитовые и амфиболовые сланцы, содержащие весьма невыдержанные слои железистых роговиков.

Четвертый пояс образует многочисленные участки железистых пород, объединенных в широкую Орехово-Павлоградскую магнитную аномалию. В составе пород, образующих этот пояс, главное место занимают амфиболиты, ультраосновные породы, а также биотитовые и амфиболовые сланцы и гнейсы. Железистые породы здесь встречены небольшими разобщенными участками среди обширного поля основных и ультраосновных пород.

Несколько особо стоят железистые породы Корсак Могилы и Каменной Могилы. Географически они как бы образуют южное продолжение четвертого пояса, однако состав вмещающих и железистых пород здесь совершенно иной. Железистые породы представлены слабополосчатыми и неполосчатыми маложелезистыми и железистыми кварцитами, залегающими среди гнейсов, представляющих собой свиту наиболее древних пород украинского кристаллического массива. Пласты железистых кварцитов, равно как и нежелезистых, образуют вытянутые по простиранию гнейсов свиты, подверженные быстрому фациальному выклиниванию. Железорудные минералы в кварцитах рассеяны неравномерно, иногда образуют скопления кристаллов, напоминающие полосчатость железистых роговиков.

В Орехово-Павлоградском районе породы представлены типичными сильно серпентинизированными перидотитами, в состав которых в качестве главного породообразующего минерала входит, по данным И. С. Усенко [16], антигорит, в меньшем количестве имеется актинолит и в небольшом — фуксит, биотит, оливин, магнетит и другие минералы. Серпентин здесь образуется за счет оливина, реже за счет ромбического магнезиального пироксена. Амфибол представляет собой продукт превращения пироксена.

В Орехово-Павлоградской аномалии выделяются гранатовые, пироксено-биотитовые и хлоритизированные разности амфиболитов. Последние обычно состоят из основного плагиоклаза и обыкновенной роговой обманки, очень часто альбитизированных. Амфиболиты здесь, по мнению И. С. Усенко, являются продуктами преобразования пироксенитов. Химический состав амфиболитов, взятых из с. Ново-Павловки, по данным И. С. Усенко, характеризуются содержанием: SiO_2 — 50,3%, Al_2O_3 — 13,8%, $Fe_2O_3 + FeO$ — 13,1%, MgO — 6,8%, CaO — 10,7%, $Na_2O + K_2O$ — 2,8%.

В некоторых случаях эти породы, путем замещения амфибола хлоритом, превращаются в амфиболо-хлоритовые сланцы, содержащие в виде примеси тальк и магнетит. Железистые породы здесь представлены неясно полосчатыми амфиболо-магнетитовыми роговиками, иногда содержащими пироксен. Количество магнетита в них непостоянно, колеблется в больших пределах, и иногда может быть настолько большим, что делает породу рудой. Полосчатость породы едва очерчивается чередованием полос с преобладанием темных минералов (магнетита, пироксена, амфибола) и более светлых, в строении которых значительное участие принимает кварц.

Эти породы отличаются от криворожских крупнозернистостью и неясно очерченной полосчатостью.

Как видно из приведенного выше минералогического и химического состава амфиболитов Орехово-Павлоградского района, они по существу ничем не отличаются от амфиболитов, входящих в состав районов магнитных аномалий рек Конки, Чертомлыка и Верховцева. Те и другие являются, по мнению И. С. Усенко [16], излившимися аналогами недифференцированной габбро-базальтовой магмы.

Несколько иные метабазиты развиты по рекам Ингульцу и Саксагани, где они протягиваются узкой прерывистой полосой вдоль восточной границы Криворожско-Кременчугской железорудной полосы. По составу эти породы являются излившимися аналогами габбро-диоритовой магмы. Они состоят из обыкновенной роговой обманки и плагиоклаза № 40—45 и характеризуются многочисленными разновидностями, вызванными вторичными изменениями. По р. Саксагани распространены эпидиабазы, альбитизированные амфиболиты, кварцево-роговообманковые сланцы и эпидозиты; по р. Ингульцу — плагиоклазовые и кварцево-биотитовые амфиболиты. Химический состав этих пород, в отличие от вышеуказанных амфиболитов Верховцева и других районов, характеризуется значительно более высоким содержанием SiO_2 (56% вместо 48%), а также несколько более низким содержанием железа и магния (табл. 1).

Метабазиты Кривого Рога являются более древними образованиями, чем криворожская метаморфическая свита. Подтверждается это следующими данными: между метабазитами и аркозовой толщей повсеместно встречены кварцево-серицитовые и биотито-серицитовые сланцы, резко отделяющиеся от аркозов. Эта толща является обесцвеченной корой выветривания метабазитов, так как книзу она постепенно переходит в метабазиты массивного сложения. При этом многочисленные окатанные образования указанных серицитовых и серицито-биотитовых сланцев встречены среди аркозовых конгломератов, залегающих у основания аркозового горизонта. Метабазиты рек Ингульца и Саксагани, в свою очередь, залегают на плагиоклазовых саксаганских гранитах, докриворожский возраст которых убедительно доказывается трансгрессивным налеганием на них аркозового горизонта, а также наличием многочисленных галек этих гранитов среди конгломератов верхнего отдела криворожской свиты.

Саксаганские граниты, будучи более древними, чем метаморфическая свита пород Кривого Рога, повсеместно и в большом количестве содержат ксенолиты пироксенитов и амфиболитов, по минералогическому и химическому составу отвечающих эффузивной свите Верховцева и Чертомлыка. В последние годы ксенолиты отмечены в виде многочисленных магнитных аномалий в поле развития саксаганских гранитов, а многие из них в районе ст. Долгинцево вскрыты буровыми скважинами, а также встречены И. С. Усенко у бывших хуторов Березы и Соколовки.

Таким образом, эффузивно-метаморфическая свита Верховцева, Чертомлыка, Запорожской и Орехово-Павлоградской аномалий является

более древним образованием, чем саксаганские граниты, метабазиты р. Ингульца и Саксагани, а также криворожская метаморфическая свита, она отражает собой самостоятельную эффузивно-осадочную эпоху. Не совсем еще выясненным остается вопрос о возрастных взаимоотношениях древней парагнейсовой толщи и указанной эффузивно-метаморфической. Возможно, что эта последняя не имеет самостоятельного значения и, как это полагает И. С. Усенко (1953), эффузивные породы, переслаиваясь с древними парагнейсами, составляют одну мощную свиту. Структурные особенности этих свит противоречат данному представлению. Древние парагнейсы в районе магнитных аномалий, от г. Орехова до Кривого Рога, почти везде имеют более или менее выдержанное общее северо-западное простирание, тогда как породы эффузивно-метаморфической толщи в Орехово-Павлоградской, Запорожской и Верховцево-Чертомлыкской аномалиях имеют преимущественно субмеридиональное простирание, скорее сходное с более молодыми циклами тектогенеза. Также, едва ли целесообразно объединять в одну свиту древние парагнейсы и совершенно не сходные с ними по составу и степени метаморфизма сланцы, встреченные в районах развития магнитных аномалий.

Исходя из приведенных выше данных, мы считаем возможным допустить три периода седиментации в рассматриваемом районе, сопровождающихся эффузией основной магмы, а также мощным внедрением кислых гранитоидных магм.

Возрастные взаимоотношения пород этого района представлены в табл. 2 (сверху вниз).

Таблица 2

Стратиграфическая схема докембрийских пород района магнитных аномалий Украины

Комплексы	Возраст	Породы
Днепровско-Токовский магматический	Протерозой	Гидротермалиты, пегматиты и аплиты, диабазовые дайки, красные, розовые чернокварцевые порфировидные граниты и чернокиты (Днепровско-Токовские)
Ингуло-Ингулецкий магматический	Протерозой	Кировоградские и Житомирские серые среднезернистые и порфировидные биотитовые граниты и их мигматиты (Ингулецкие гнейсы)
Криворожский осадочный	Протерозой	Криворожская свита. Верхний отдел: графитовые гнейсы, углистые и слюдистые сланцы, известняки, песчаники, конгломераты и кварциты. Средний отдел: железорудная формация (железистые роговики, джеспилиты и сланцы)
	Перерыв	
	Нижний отдел	Аркозо-филлитовая формация (кварциты, метапесчаники и кварцевослюдистые филлиты)
Криворожский магматический	Архей	Амфиболиты рек Саксагани и Ингульца, серые (саксаганские) граниты, мигматиты и ортогнейсы
Осадочно-эффузивный	Архей	Амфиболиты, кварцево-амфиболовые сланцы и железистые роговики Конки, Чертомлыка, Верховцева и Орехово-Павлоградских аномалий
Древний осадочный	Архей	Парагнейсы: пироксеновые, амфиболовые и биотитовые. Кварциты и магнетитовые кварциты Корсак Могилы и Каменной Могилы

В геологическом строении Криворожского бассейна принимают участие три комплекса пород различного возраста: 1) плагиоклазовые гра-

ниты и амфиболиты; 2) кристаллические сланцы; 3) микроклиновые граниты.

Наиболее древними породами Криворожья являются архейские граниты и амфиболиты, среди которых зажат складчатый комплекс кристаллических сланцев, роговиков и джеспилитов, именуемый криворожской свитой. Эта свита пород состоит из трех отделов, разделенных между собой стратиграфическими несогласиями: 1) нижний отдел — аркозо-филлитовая формация, 2) средний отдел — железорудная формация, 3) верхний отдел — сланцевая формация.

Нижний отдел криворожской свиты сложен метаморфизованными породами, представленными аркозовыми и кварцевыми песчаниками, кварцитами, конгломератами и филлитами. Мощность аркозового горизонта меняется от 25 до 100 м.

Конгломераты обычно содержат окатанные гальки различного размера, доходящего до 20 см в поперечнике, и представленные кварцем, кварцитом, серицитовыми, серицито-биотитовыми и фуксито-хромитовыми сланцами.

Филлитовый горизонт представлен слюдисто-кварцевыми сланцами с некоторым количеством углистого вещества. Местами наблюдаются переходы сланцев в крупнозернистые песчанистые плотные кварциты, состоящие из кварца, реже полевого шпата и серицита, возникшие, вероятно, при регенерации песчаника. В северной части бассейна кварцево-серицитовые филлиты сменяются слюдяными, слюдисто-ставролитовыми, слюдяно-турмалиновыми и гранатовыми крупнокристаллическими сланцами.

На филлитах залегают породы среднего отдела или железорудной формации, представленные тальковыми сланцами и мощной толщей железистых роговиков и джеспилитов, чередующихся со слоями хлоритовых, кварцево-серицитовых и амфиболо-биотитовых сланцев. В основании железорудной формации лежит горизонт тальковых сланцев, почти везде содержащих песчаники, а местами и базальные конгломераты.

В этом горизонте встречаются следующие разновидности тальковых сланцев: тальковые, тальково-хлоритовые, амфиболо-тальковые и кварцево-карбонатно-тальковые. Мощность тальково-песчанистого горизонта обычно составляет 15—30 м и лишь на некоторых участках достигает 40 м и более.

В литературе по Кривому Рогу существует два мнения на образование этого горизонта. Большинство геологов объясняют образование тальковых пород метаморфизмом магнезиальных карбонатных осадков, тогда как Ю. И. Половинкина, А. П. Никольский и другие считают их измененными продуктами ультраосновных пород, хотя для доказательства своего мнения они не привели убедительных фактических материалов.

Внутри железорудной формации отчетливо обособляются семь сланцевых и семь железистых горизонтов, хорошо прослеженных в центральном районе бассейна. В северной части Криворожского бассейна выделяются восьмой и девятый железистые горизонты. Чередование сланцевых и железистых горизонтов в железорудной формации является результатом ритмической седиментации при осадконакоплении.

На различных горизонтах среднего отдела или железорудной формации несогласно залегают породы криворожской свиты. Основание верхнего отдела слагают породы кварцито-песчанистого горизонта: песчаники, конгломераты и сланцы. Выше они постепенно переходят в охристые и кварцево-серицитовые филлитовидные сланцы.

Эти породы перекрываются сланцевым и песчано-сланцевым горизонтом, который венчает отложения криворожской свиты и состоит из пест-

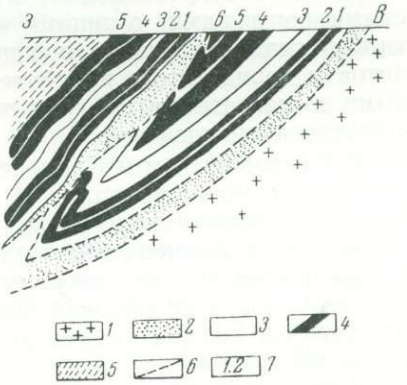
рых филлитовидных, углистых и слюдистых сланцев, включающих карбонатные слои, а также песчаников и конгломератов с мощностью, достигающей нескольких сотен метров. Эти последние содержат большое количество галек кварцитов, железистых роговиков и плагиоклазовых гранитов, часто сцементированных аркозовыми песчаниками.

Наиболее молодыми породами Криворожья являются диабазовые дайки, красные и серые граниты, пегматитовые жилы и разнообразные гидротермальные образования.

Структуры Криворожского бассейна формировались в две тектонические фазы.

Первая, наиболее древняя фаза тектогенеза вызвала образование меридиональных складок по всему бассейну. Она сопровождалась продольными надвигами, идущими параллельно складчатости. Сюда относится возникновение Саксаганского надвига и ряда других, имеющих меньшие размеры и протяженность. Характерным для этой фазы является образование следующих крупных складчатых форм: Основного криворожского синклинала, Тарапако-Лихмановского антиклинала и Саксаганской складчатой полосы (фиг. 1) и многих других.

С этим тектоническим периодом связано образование многочисленных диагональных и поперечных изгибов, продольных структур, возникших вследствие дифференциальных движений в слоистой — анизотропной среде, какой является железорудная свита Кривого Рога. Глубокий метаморфизм осадочных пород, приведший их к современному облику (роговиков, джеспилитов и кристаллических сланцев), проходил в первую фазу тектогенеза.



Фиг. 1. Схематический разрез Саксаганской полосы на руднике им. Дзержинского

1 — саксаганские границы; 2 — нижний отдел криворожской свиты; 3 — сланцы среднего отдела; 4 — железистые горизонты среднего отдела; 5 — верхний отдел; 6 — Саксаганский надвиг; 7 — горизонты железистых пород среднего отдела

Вторая фаза тектогенеза имела место после формирования основных складчатых структур Криворожского бассейна и выразилась в образовании поперечных диагональных складок и дизъюнктивных нарушений в южной и северной частях бассейна. В отличие от предыдущей фазы складкообразования она проходила в условиях косых давлений, идущих с юго-запада на северо-восток. Для нее характерно образование разрывных дислокаций, вызвавших блоковые смещения, глыбовые структуры и сложный складчатый комплекс Демуринского антиклинала в северном районе бассейна.

Участки, затронутые второй фазой тектогенеза, отличаются широким развитием гидротермального метасоматоза с образованием амфиболовых и гранатовых сланцев и магнетитовых железных руд.

Первая фаза тектогенеза сопровождалась внедрением серых микроклин-плагиоклазовых гранитов кировоградско-житомирского типа, образующих мощный Ингулецкий массив западнее Криворожского бассейна.

Со второй фазой связано внедрение микроклиновых гранитов Днепровско-Токовского типа, образовавших Демуринский, Боковянский и Верблюженский массивы.

Аналогичное геологическое строение наблюдается в районе Кременчуга. Так же, как и в Криворожском бассейне, отчетливо выделяется железорудная свита, представленная чередованием пластов железистых роговиков и сланцев, подстилающаяся песчано-глинистыми породами и перекрывающаяся слюдисто-углистыми сланцами, содержащими слои карбонатных пород.

В основании криворожской свиты почти везде залегает мощная толща амфиболитов или зеленокаменных пород, которые большинством авторов рассматриваются как древний покров на архейском кристаллическом фундаменте.

В отличие от Кривого Рога и Кременчуга железистые роговики Чертомлыкской, Верховцевской и Орехово-Павлоградской магнитных аномалий залегают среди амфиболитов и ультраосновных пород.

Повсеместное распространение амфиболитов дало основание Н. П. Семененко предположить, что эпохе отложения железорудной формации предшествовали мощные эффузии диабазов.

Железорудные породы представлены: в Чертомлыкской аномалии — железисто-силикатными роговиками, перемежающимися со сланцами; в Верховцевской — железисто-силикатными и карбонатными роговиками, сланцами и амфиболитами; в Конской — мартито-кварцевыми железистыми роговиками, сланцами и амфиболитами; в Ореховской — магнетито-куммингтонитовыми или пироксеновыми роговиками среди амфиболитов и перидотитов; в районе Корсак Могилы — магнетито-пироксеновыми и магнетитовыми крупнозернистыми кварцитами, чередующимися с биотитовыми гнейсами.

В Криворожском и Кременчугском районах железистые породы перекрываются мощной сланцевой свитой, сложенной слюдисто-углистыми сланцами, кварцитами, песчаниками, конгломератами и карбонатными породами. В Кременчугской аномалии эта верхняя свита сланцев представлена глинистыми сланцами, залегающими в ядре Голещинской синклинали. В других районах аналоги этих пород не встречены, а также отсутствуют породы нижней дороговиковой толщи филлитов, песчаников и конгломератов.

Таким образом, важнейшей литологической особенностью всех железорудных свит Украины, кроме Кременчугско-Криворожской полосы, является отсутствие подстилающей и кроющей свит, а также расположение железистых пород непосредственно среди амфиболитов, гнейсов или ультраосновных пород.

В формировании субмеридиональных поясов складчатых сооружений, среди которых развиты железорудные породы, принимали участие интрузивные гранитные породы (кировоградского типа). Эти последние образуют обширные площади мигматитов за счет амфиболитов, кварцитов, роговиков, джеспилитов и углисто-глинистых сланцев. Мигматиты смяты в складки субмеридионального направления, параллельно складчатым зонам железистых пород. Мигматиты содержат ксенолиты различных сланцев, кварцитов и железистых роговиков.

Формирование субширотных структур сопровождалось интрузией красных и розовых гранитов Днепровско-Токовского типа. Последние секут железистые породы, сопровождаются многочисленными пегматитовыми и аплитовыми образованиями и часто обрамлены ореолом щелочно-натриевых пород, которые образовались в результате метасоматических процессов.

Непосредственным продолжением украинских магнитных аномалий на север являются огромные площади распространения курских магнитных аномалий (КМА). В геолого-тектоническом строении КМА, хотя и

имеются весьма существенные особенности, но все же они очень сходны с Криворожским бассейном.

Железистые кварциты или роговики КМА установлены магнитометрической съемкой и буровыми скважинами в виде двух разветвляющихся и местами прерывающихся полос северо-западного простирания.

Одна из них, юго-западная, протягивается от Львова через Обоянь и Белгород и уходит к г. Волчанску; другая, северо-восточная, начинается севернее г. Щигры и через города Тим, Старый Оскол и Новый Оскол доходит до Валуек.

Район КМА сложен двумя комплексами пород: осадочным и метаморфическим.

Осадочный комплекс представлен породами четвертичного, третичного, мелового, верхнеюрского, средне- и нижнекаменноугольного и девонского возрастов.

Мощность этой кроющей толщи меняется от 30 до 500 м. Наибольшая часть ее сложена песками, глинистыми песками и глинами. Значительное место занимают также известняки, мел, глинистые сланцы и мергели мелового, юрского и каменноугольного возраста.

Метаморфический комплекс нигде не выходит на дневную поверхность и, в свою очередь, делится на три отдела [13].

1. Верхний отдел представлен кристаллическими известняками, известняково-слюдистыми сланцами и серыми филлитовидными серицито-биотитовыми сланцами.

2. Средний отдел сложен тонкополосчатыми железистыми роговиками с прослоями магнетито-амфиболовых и магнетито-биотитовых сланцев.

3. Нижний отдел разделяется на две зоны: верхнюю, сложенную слюдяными сланцами и тонкозернистыми биотитовыми гнейсами, и нижнюю, представленную среднезернистыми конгломератовыми гнейсами.

Все породы метаморфического комплекса отнесены к протерозойскому возрасту и рассматриваются как сравнительно глубоководные морские осадки, претерпевшие метаморфизм, приведший к полной их перекристаллизации и рассланцеванию.

Приведем стратиграфическую схему пород, слагающих КМА (по В. И. Лучицкому, 1939).

Верхний отдел

1. Кристаллические известняки и доломиты с прослоями биотитового сланца..

2. Известково-слюдистые сланцы, перемежающиеся с кристаллическими известняками.

3. Биотитовые сланцы с редкими прослоями известняка.

Средний отдел

Железистые кварциты, местами перемежающиеся с амфиболовыми, хлоритовыми и биотитовыми сланцами.

Нижний отдел

1. Слюдяные и хлоритовые сланцы с биотитом и гранатом.

2. Биотитовые гнейсы с прослоями хлоритовых, слюдяных и известковых сланцев и кварцитов.

Проведенное изучение пород, слагающих Коробковский участок КМА, по горным выработкам шахт № 1, 2 и буровым скважинам, позволяет выделить следующие основные разновидности.

1. Железистые роговики (или железистые кварциты), представляющие собой тонкополосчатые породы, состоящие из рудных и нерудных

слоев. Рудные слои сложены преимущественно магнетитом, мартитом и гематитом, а нерудные — кварцем, хлоритом амфиболом и биотитом.

2. Сланцы по минералогическому составу разделяются на существенно хлоритовые и биотитовые, которые часто имеют подчиненное количество граната, амфибола, кварца и полевого шпата.

Северо-восточная полоса аномалий проявляется в виде двух узких параллельных полос. В районе Старого Оскола они сливаются, образуя очень сложный Старооскольский узел аномалий. Обе полосы магнитных аномалий сложены породами среднего отдела, т. е. железистыми роговиками, чередующимися с пластами железисто-силикатных сланцев.

Между полосами аномалий к северу и к югу от Старооскольского узла развиты породы верхнего отдела, тогда как по обе стороны (к западу и к востоку) от аномальных полос распространены сланцы и гнейсы нижнего отдела. Таким образом, на территории северо-восточной полосы развита синклинальная складка, осложненная в ряде мест поперечными перегибами, одним из которых, повидимому, является складчатый узел Старого Оскола.

Юго-западная полоса магнитных аномалий КМА совершенно не изучена и структура ее, даже в общем виде, остается невыясненной. Наиболее разведанным и изученным участком является Старооскольский узел аномалий. Этот район, по И. А. Русиновичу [13], представляет собой поперечный складчатый пояс, в котором хорошо выделяются следующие пять складок.

1. Западный антиклинал, располагающийся непосредственно к югу от с. Коробково.

2. Восточный антиклинал, расположенный южнее с. Лебеди. От западного антиклинала он отделяется полосой железистых пород, отходящей в южном направлении от Лебединского участка. Положение восточного крыла антиклинала определяется полосами железистых пород, проходящих с северо-запада на юго-восток, между Лебединским и Стойленским участками.

3. Стойленско-Лукьяновская мульда, расположенная непосредственно севернее Стойленского участка. Юго-западное крыло ее является одновременно восточным крылом восточного антиклинала. С востока мульда ограничивается узкой полосой железистых пород, сменяющихся нижним отделом свиты КМА.

4. Лукьяновский купол, расположенный у северной границы Стойленско-Лукьяновской мульды, и представляет собой широтную антиклинальную складку, в шарнирной части которой выходят породы нижнего отдела.

5. Северный антиклинал, расположенный к северу от Лебединского участка.

Формирование структур КМА происходило в две более или менее самостоятельные тектонические фазы.

Первая фаза складчатости вызвала образование сильно сжатых складок северо-западного простирания с крутым падением крыльев и положением шарниров, приближающимся к горизонтальному. К этому периоду относится образование крупных складчатых структур КМА.

Вторая фаза складчатости обусловила образование крутонаклонных структур под действием горизонтальных сил, направленных параллельно или диагонально к простиранию пород. Старооскольский узел аномалий представляет собой крупную вертикальную флексуру, развитую во вторую фазу складчатости.

Среди мелких складчатых форм, таких как в Криворожском бассейне, выделяются два типа складок: первый — сжатые продольные складки

изоклинального типа с пологим погружением по простиранию пород, и второй — открытые поперечные складки с крутым погружением шарниров по падению пород или с небольшим отклонением от него к югу или северу.

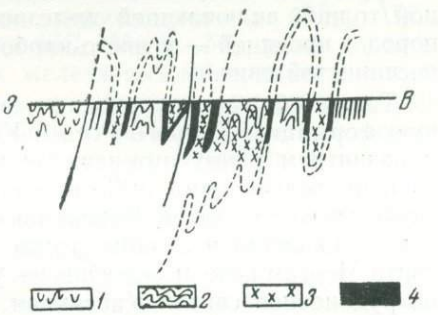
Взаимоотношения метаморфической свиты КМА с магматическими породами, слагающими Воронежский кристаллический массив, остаются еще не изученными. Известно лишь пересечение железистых роговиков многочисленными жилами биотитового гранита, как это установлено скважинами на Коробковском и Стойленском участках, а также непосредственно в горных выработках шахты № 2.

Сравнивая разрезы метаморфических свит Кривого Рога и КМА мы увидим их удивительное сходство, выразившееся в одинаковом чередовании железистых и сланцевых пластов, в структуре, химическом и минералогическом составе пород, а также в наличии и составе кроющих и подстилающих толщ. Такое удивительное сходство свит выходит за пределы простого совпадения и может быть объяснено только закономерностью.

В Карсакпае (Казахстан) также широкое развитие имеет железорудная свита пород, представленная железистыми роговиками и джеспилитами, переслаивающимися со сланцами и зеленокаменными эффузивами.

Ю. И. Половинкина [9] в составе рудоносной свиты выделяет следующие горизонты (сверху вниз).

1. Верхний горизонт железистых кварцитов и подчиненных им сланцев.
2. Верхний горизонт зеленокаменных эффузивов и сланцев.
3. Нижний горизонт железистых кварцитов.
4. Нижний сланцевый горизонт — тальковые, хлоритовые и серицитовые сланцы с отдельными прослоями безрудных кварцитов. Складчатые формы, встреченные в рудоносной свите Карсакпая, в сильной степени напоминают криворожские. Они в большинстве случаев представляют собой сжатые изоклинальные складки в железистых породах, также встречаются и крупные формы, определяющие структуру района (фиг. 2).



Фиг. 2. Карсакпай. Разрез через урочище Каратас. По Ю. И. Половинкиной

1 — порфироиды; 2 — сланцы нижнего сланцевого горизонта; 3 — сланцы и зеленокаменные породы верхнего сланцевого горизонта; 4 — железистые кварциты

Железистые роговики Карсакпая, по данным Ю. И. Половинкиной [10], представляют собой слоистые, преимущественно гематитокварцевые породы, содержащие тонкие и тончайшие прослоечки сланцевого материала. От соответствующих пород Кривого Рога и КМА они отличаются, по мнению Половинкиной, более слабым метаморфизмом. На этом основании она считает возможным применить к этим породам наименования железистых микрокварцитов. В своей большой работе по Карсакпаю Ю. И. Половинкина [10] убедительно показала, что железистые кварциты этого месторождения весьма тесно ассоциируют в разрезах с зеленокаменными породами, которые слагают горизонт, разделяющий два горизонта железистых кварцитов.

Среди зеленокаменных пород Ю. И. Половинкина выделяет диабазы, различные порфириты, туфы и зеленые сланцы: хлорито-амфиболовые,

альбито-хлоритовые и альбито-эпидото-хлоритовые. Минералогический состав этих разнообразных пород в сущности довольно однотонный и обусловлен различным сочетанием минералов: альбита, амфибола, эпидота и хлорита, с небольшими добавками кальцита, кварца, серицита и биотита. Химический состав амфиболитов Карсакпая характеризуется содержанием SiO_2 около 48%, Al_2O_3 около 14%, Fe_2O_3+FeO около 13%, MgO около 5,7%, CaO около 5,11% и Na_2O+K_2O около 3,5% (табл. 1).

Ю. И. Половинкина [10] очень убедительно доказала эффузивное происхождение этих пород, связанное с подводными излияниями типа спилитов. Она также считает, что образование этого горизонта эффузивов не могло иметь прямого отношения к накоплению осадков, давших железистые кварциты.

Зеленокаменные эффузивы и железистые роговики подстилаются тальковыми и серицитовыми сланцами. Перекрывающая свита сланцев и карбонатных пород здесь отсутствует.

Из приведенного видно, что эффузивные зеленокаменные породы по химическому и минералогическому составу удивительно сходны с породами Верховцева, Чертомлыка и других районов магнитных аномалий Украины. Железорудные свиты Карсакпая, Верховцева и запорожских магнитных аномалий, хотя и расположены на большом расстоянии друг от друга, однако их очень сближает не только сходный состав эффузивной толщи, включающей железистые роговики, но также и отсутствие пород кроющей — углисто-карбонатной и подстилающей — сланцево-песчанистой свит.

Таким образом, рудоносная свита Карсакпая напоминает железорудную формацию Кривого Рога и КМА только составом железистых пород и развитием в них интенсивной мелкой складчатости. Если же сравнивать не только одни собственно железистые породы, а всю Криворожскую свиту со свитой Карсакпая, то мы без особого труда найдем, что они совершенно несходны, тогда как рудоносная эффузивно-железистая свита Чертомлыка и Верховцева удивительно сходны с соответствующей ей рудоносной свитой Карсакпая.

Сопоставляя рудоносную свиту Карсакпая с Криворожской, Ю. И. Половинкина пишет: «В Кривом Роге железистые кварциты переслаиваются с хлоритовыми и амфиболовыми сланцами, т. е. с породами, по химическому составу близкими к зеленокаменным породам» [11]. И в другом месте той же работы: «В других месторождениях железистых кварцитов СССР место зеленокаменных эффузивов занимают хлоритовые, серицитовые, амфиболовые сланцы и амфиболиты. Эти породы по своему химическому составу близки зеленокаменным породам Карсакпая, но вследствие более интенсивного метаморфизма все следы их происхождения утрачены».

Мы не можем согласиться с этим мнением Ю. И. Половинкиной, так как минералогический и химический состав сланцевых пород Кривого Рога совершенно не похож на амфиболиты Карсакпая. Хлоритовые и амфиболовые сланцы в Криворожском бассейне распространены преимущественно в северной и южной частях бассейна, тогда как среди пород центрального района распространены кварцево-серицитовые сланцы с подчиненным количеством хлоритовых и хлорито-амфиболовых. При этом хлорито-амфиболовые и биотито-амфиболовые сланцы в Криворожском бассейне являются продуктом более высокого изофизического уровня метаморфизма хлорито-серицитовых сланцев. Эти последние и являются основной разновидностью сланцев Кривого Рога. Они слагают первый, второй, третий, четвертый и в значительной части пятый, седьмой, восьмой сланцевые горизонты железорудной формации. Эти сланцы состав-

ляют свыше 75% всей мощности сланцевых горизонтов железорудной формации Кривого Рога.

В своем составе они, кроме серицита и кластических зерен кварца, постоянно содержат большее или меньшее количество прослоев безрудного роговика, а также почти всегда имеют нераскристаллизованное пилито-углистое вещество. Химический состав их характеризуется содержанием: SiO_2 около 60%, Al_2O_3 около 25%, Fe_2O_3+FeO 1,5—4%, сумма щелочей 4—7%, имеют потери при прокаливании 4—5% (табл. 1).

Совершенно ясно, что химический и минералогический состав кварцево-серицитовых сланцев не дает никаких оснований относить их к зеленокаменным эффузивам. Также едва ли нужно приводить доказательства, что углисто-серицитовые сланцы Кривого Рога с их многочисленными прослоями безрудного роговика и зернами кластического кварца не могут представлять собой более высокую ступень метаморфизма зеленокаменных эффузивов в сравнении с Карсакпайскими. Биотито-амфиболовые и хлорито-биотитовые сланцы являются породами, образовавшимися за счет кварцево-серицитовых или хлорито-серицитовых микросланцев, и состоят преимущественно из кварца, биотита и куммингтонита, иногда в значительной степени хлоритизированных. Эти сланцы также имеют постоянное большее или меньшее количество прослоев безрудного роговика. Химический состав их характеризуется содержанием SiO_2 около 23—30%, очень редко поднимается до 45%, Al_2O_3 15—24%, Fe_2O_3+FeO 30—35%, реже до 45%, Mg 3—5%, реже до 10%. Они обогащены железом за счет таких железистых минералов, как хлорит и куммингтонит, а также значительно обеднены кварцем. Очень часто встречаются хлорито-серицитовые или амфиболо-хлорито-серицитовые сланцы, имеющие промежуточный состав по отношению к двум вышеприведенным разновидностям.

Сланцы Кривого Рога являются осадочно-метаморфическими породами и ни по одному из признаков не могут быть отнесены к зеленокаменным эффузивам.

Железистые породы также широко распространены в Малом Хингане, где они изучены Доброхотовым, Тибенковым, Чураковым и др. Здесь, так же как в КМА и Кривом Роге, рудоносная свита сложена чередованием пластов железистых роговиков и сланцев. Стратиграфическая схема наиболее разведанного Кимканского района Малого Хингана представляется в следующем виде [4].

МАЛОХИНГАНСКАЯ ЖЕЛЕЗОРУДНАЯ ФОРМАЦИЯ (ВЕРХНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ)

1. Нижняя карбонатная свита, представленная кристаллическими доломитизированными известняками, не содержащими графита.

2. Игинчинская песчано-сланцевая свита. В участках, не затронутых контактовым метаморфизмом, она состоит из зеленовато-серых или темносерых глинисто-слюдистых и кварцево-серицитовых сланцев, несущих многочисленные прослои песчаников и ставролитов. Количество песчаников особенно велико в нижних частях свиты, где они доминируют над прослоями сланцев. Некоторые авторы делили игинчинскую свиту на песчанистую — нижнюю и сланцевую или филлитовую — верхнюю.

3. Мурандавская доломитовая свита состоит в основном из доломитов с прослоями сланца.

Вблизи интрузий гранитов, на месте относительно чистых и мелкозернистых плотных доломитов, возникали крупнокристаллические доломитовые мраморы с кальцитом, форстеритом, серпентитом и флогопитом

или же своеобразные тремолитовые породы, в которых, помимо белого тремолита, обычно присутствуют тальк, серпентин, кварц и некоторое количество остаточного карбоната.

4. Рудоносная свита. В ее составе главнейшее значение имеют глинистые, углисто-глинистые, кремнисто-глинистые и кварцево-серицитовые сланцы, содержащие прослои железистых роговиков и джеспилитов, осадочных глинисто-доломитовых брекчий и карбонатных пород (доломитов).

Отчетливо выделяются три различных горизонта, из которых средний, представленный преимущественно железистыми роговиками, является собственно рудным.

Нижний (сланцевый) горизонт представлен глинистыми, глинисто-известковыми, глинисто-кремнистыми и кремнисто-известковыми сланцами, среди которых заключены пласты осадочных брекчий.

Брекчии от нормальных сланцев отличаются в сущности только включением угловатых обломков доломита, размером от нескольких миллиметров до 10—25 см.

Второй (железорудный) горизонт представлен железнослюдковыми джеспилитами, которые перемежаются с пластами глинисто-доломитовых брекчий и кремнистых яшмовидных сланцев.

Прослои роговиков и джеспилитов сгруппированы в две пачки, разделенные глинистыми сланцами и доломитовыми брекчиями, которые сильно меняются в своей мощности, составляющей в среднем 10—15 м. Выходы железистых пород на поверхность получили название пластов: «Надежный», «Верхний» и «Тонкий».

Сверху залегает пласт желтого доломитизированного известняка мощностью 40 м, который составляет висячий бок рудного горизонта.

Верхний (надрудный) горизонт имеет мощность до 200 м, представлен черными, хорошо слоистыми углисто-глинистыми сланцами, в зоне выветривания обычно осветленными.

Во многих районах Малого Хингана брекчии отсутствуют или их становится меньше.

Доказательством трансгрессивного залегания рудоносной свиты на мурандавской свите является наличие брекчий, так как совершенно несомненно, что обломки доломита в брекчиях принадлежат породам мурандавской свиты.

5. Лондоковская известняковая свита сложена чистыми, местами кремнистыми, известняками, обладающими характерным сероводородным запахом. Мощность свиты до 1000 м. Лежит на рудной свите согласно. С. А. Музылев нашел в этих известняках остатки водорослей, которые, по определению В. П. Маслова (Ganal chlorel—lopsis Rlis), относятся к Schizophyceas и, к сожалению, не характеризуют определенный возраст.

Выше залегают палеозойские отложения, представленные кремнистыми и углисто-глинистыми сланцами, покоящимися на размытой поверхности хинганской свиты.

Железистые роговики и сланцы осложнены многочисленными размывными структурами и смяты в изоклинальные складки, от очень мелких до очень крупных, определяющих структуру района или месторождения.

Железорудная формация Малого Хингана сложена следующими основными группами пород.

1. Магнетитовыми роговиками, состоящими из чередования рудных и безрудных прослоев. Нерудные прослои состоят из кварца и амфибола, часто с небольшим количеством граната или талька. Рудные прослои сложены преимущественно магнетитом, реже гематитом. Наиболее рас-

пространенной разновидностью роговиков являются амфиболо-магнетитовые или, точнее, куммингтонито-магнетитовые, которые иногда рибекитизированы, вследствие щелочного метасоматоза.

2. Железнослюдковыми роговиками, состоящими из прослоев рудных (гематитовых) и безрудных (кварцевых). В виде незначительной примеси встречаются куммингтонит, рибекит, светлая слюда и апатит.

3. Мартитовыми роговиками, играющими подчиненную роль и встречающимися среди магнетитовых роговиков. Рудные прослои сложены магнетитом, а нерудные — кварцем.

Из приведенного описания видно, что железистые породы Малого Хингана представлены двумя основными разновидностями, т. е. кварцево-железисто-силикатными роговиками (амфиболо-магнетитовыми) и кварцево-железистыми (железнослюдковыми и мартитовыми). Эти группы роговиков являются основными и в Кривом Роге, с тем лишь дополнением, что там они представлены большим количеством разновидностей вследствие особенностей метаморфизма Криворожского бассейна. Мы имеем в виду гидрогематито-мартитовые, хлорито-магнетитовые, эгирино-магнетитовые роговики и мартито-гематитовые джеспилиты.

Метаморфическая свита Малого Хингана чрезвычайно сходна со свитами Кривого Рога и КМА как по составу железистых пород и разделяющих их сланцев, так и по наличию подстилающих и кроющих свит аналогичного состава. С другой стороны, рудоносная свита Малого Хингана, хотя и имеет много своих особенностей, все же никак не напоминает эффузивно-железистую свиту Карсакпая, Верховцева или других подобных районов.

Приведем краткие данные по месторождению Сосновый Байц и другим месторождениям Онотской группы в Восточном Саяне. Укажем на стратиграфическую схему рудоносной свиты И. В. Полякова [19] сверху вниз:

1) свита гранатовых амфиболитов;
2) железоносная свита верхних кристаллических сланцев;
3) светлый безрудный кварцит;
4) толща слюдистых и гранато-слюдистых сланцев с незначительными пропластками рудных кварцитов;
5) слюдистые амфиболиты;
6) «основной пласт» — перемежаемость рудных кварцитов и сланцев с прослоями амфиболовых — актинолитовых, биотитовых, слюдистых и гранато-слюдистых сланцев;
7) гранато-слюдистые и слюдистые сланцы;
8) слюдистые амфиболиты с горизонтами железорудных кварцитов;
9) слюдистые амфиболиты и гранато-слюдистые сланцы;
10) амфиболиты и нижний горизонт рудных кварцитов с прослоями слюдистых и гранато-слюдистых сланцев;
11) верхняя свита массивных и слюдистых амфиболитов с пачкой «верхних» кристаллических известняков;
12) известняки доломитизированные, оталькованные и кристаллические;
13) нижние амфиболиты и роговообманковые сланцы.

Рудные кварциты Соснового Байца преимущественно представлены гематитовыми и актинолито-магнетитовыми разновидностями.

По составу, структуре и чередованию пород железорудная свита Соснового Байца очень сходна со свитой Карсакпая и других подобных ему районов, где развиты эффузивно-железистые породы.

Приведем также краткие данные по месторождению магнетитовых сланцев Кольского полуострова [6].

Магнетитовые сланцы и магнетитовые кварциты залегают среди амфиболитов или амфиболитовых сланцев, включенных в виде линз в биотитовых гнейсах свионийской свиты, являющихся древнейшими образованиями архея Кольского полуострова.

Для одного из районов Б. М. Куплетский [6] дает следующий разрез железорудной свиты с юго-запада на северо-восток:

1) биотитовые гнейсы;
2) амфиболитовый сланец с пиритом и гранатом;
3) рудные сланцы и рудные кварциты;
4) окварцованный амфиболитовый сланец;
5) мощный горизонт рудных сланцев и рудных кварцитов;
6) амфиболитовые сланцы;
7) маломощный горизонт рудных сланцев;
8) амфиболитовые сланцы;
9) маломощный горизонт рудных сланцев;
10) амфиболитовые сланцы;
11) биотитовые сланцы.

Из приведенного разреза отчетливо выступает чередование железистых пород с эффузивными амфиболитами, залегающими среди биотитовых гнейсов. Рудные сланцы и кварциты обладают совершенной полосчатостью, составленной чередованием прослоев: гематито-магнетитовых, грюнерито-куммингтонитовых и кварцевых. Железистые кварциты крупнокристаллические; железорудные минералы вытянуты параллельно слоистости. Содержание железа в них обычное, такое же, как и в железистых породах магнитных аномалий Украины. Встречаются небольшие линзы богатой железной руды, состоящей почти из одних рудных минералов (магнетита и мартита).

Образование железистых пород многими геологами, изучавшими этот район, рассматривается как осадочно-метаморфическое.

А. А. Полканов [8] пришел к выводу о метасоматическом генезисе этих пород, по его мнению метасоматозу подверглись амфиболиты и гиперстеновые гнейсы. Железо, содержавшееся в замещенной породе, перераспределялось и, кроме того, привносилось растворами. Вместе с железом привносилось и SiO_2, которое сопровождалось образованием не только магнетитовых сланцев, но и магнетитовых кварцитов. Возбудителем этих процессов А. А. Полканов считает магму олигоклазовых гнейсо-гранитов и комплекса гиперстеновых диоритов.

В другой части (северо-западной) Кольского полуострова железистые породы приурочены к гиперстеновым гнейсо-диоритам, которые, по мнению А. А. Полканова, образовались за счет основных пород типа габбро-диоритов, габбро-норитов и норитов, содержащих магнетит и подвергшихся окремнению, с перемещением и привносом нового рудного вещества. В результате такого процесса возникли магнетито-пироксеновые сланцы и кварциты, содержащие магнетит, кварц, гиперстен и моноклинный пироксен.

При сравнении железистых и вмещающих их пород Кольского полуострова с железорудной свитой других рассмотренных нами районов совершенно очевидно выступает большое сходство их с породами Корсак Могилы и Каменной Могилы, а также с Орехово-Павлоградской и Берховцевской аномалиями. На Кольском полуострове железистые породы так же, как и в указанных районах Украины и Карсакпае, перемежаются с основными, а иногда и с ультраосновными породами. Эта сложная железисто-эффузивная толща залегает среди наиболее древних пород — архейских парагнейсов.

Ю. И. Половинкина [9], сопоставляя стратиграфические схемы Кривого Рога, КМА, Карсакпая и Малого Хингана, отмечает определенные черты их сходства, выходящие за рамки совпадений, которые, повидимому, могут быть объяснены закономерностью.

Во-первых, рудоносные свиты залегают в средней части метаморфических образований, отнесенных к альгонку. Во-вторых, подстилающие толщи имеют в отдельных месторождениях самый разнообразный состав — от грубообломочных конгломератов и песчанистых сланцев до известняков и доломитов, тогда как состав собственно рудных свит отличается поразительным сходством во всех известных месторождениях.

Характерной особенностью рудоносных свит является отсутствие обломочного материала, перемежаемость железистых роговиков и сланцев, при этом многократное повторение их в нормальном разрезе. В свою очередь, железистые роговики и джеспилиты представляют собой оригинальную породу, состоящую из тончайшего чередования прослоев: железорудных, кварцевых и сланцевых (амфиболовых, серицитовых, хлоритовых и гидрогематито-хлоритовых). У основания рудоносной свиты часто встречается горизонт тальковых, тальково-хлоритовых или тальково-карбонатных пород.

Кроме установленных Ю. И. Половинкиной общих черт строения районов развития железорудных свит докембрия, мы укажем еще на следующие.

1. Из приведенного выше краткого обзора отчетливо выделяются три разновидности железорудных свит по составу железистых и разделяющих их пород и относительному возрасту. К первой разновидности относятся железистые сланцы и кварциты Корсак Могилы и Каменной Могилы, залегающие среди инъицированных серыми и красными гранитами биотитовых и амфиболовых парагнейсов, составляющих наиболее древнюю свиту пород Украинского кристаллического массива. Ко второй разновидности относится свита Карсакпая—Верховцева—Конки, Чертомлыка и, повидимому, Кольского полуострова и Соснового Байца, отличающаяся большим количеством амфиболитов, составляющих разделяющие пласты, с подчиненным количеством хлоритовых и других сланцев. Здесь отсутствуют многочисленные прослои безрудного роговика среди разделяющих железистые горизонты амфиболовых пород, а эти последние, повидимому, являются метаморфическими продуктами подводных эффузивов типа спилитов. Третья разновидность железорудных свит характеризуется отсутствием амфиболитов в составе сланцевых пластов, которые сложены кварцево-серицитовыми, хлоритовыми, слюдистыми, амфиболовыми и другими породами.

Сланцы, входящие в состав рудоносных свит, всегда или почти всегда содержат тонкие(1—5 см) прослои безрудного роговика (кварца), что резко отличает их от сланцев, слагающих подстилающие и кроющие свиты.

Кроющая свита чаще всего содержит в своем составе мощные слои карбонатов, углистых сланцев или графитовых гнейсов, а также пласты сливных кварцитов и слюдистых сланцев.

Рудоносная свита везде образует тонкую дифференциальную складчатость двух типов: острую (сжатую изоклинального типа) — продольную (фиг. 3) и открытую — поперечную (фиг. 4).

К третьей разновидности относятся железорудные свиты Кривого Рога, КМА, Малого Хингана и возможно Коксунгура (Приазовье).

Кроме вышеуказанных особенностей, третья разновидность железорудных свит отличается еще и тем, что она трансгрессивно перекрывает амфиболиты, залегающие у ее основания, или отделена от них дорого-

виковой толщей кварцитов и песчаников. Кроме того, железорудная свита в этих районах, в свою очередь, перекрывается карбонатно-углистой и сланцево-песчанистой свитой пород.

Таким образом, железорудная свита третьей разновидности залегает выше эффузии спилитов и, повидимому, относится к более позднему образованию, чем первая — железисто-амфиболитовая свита.

Исходя из этого, нам представляется возможным рассматривать рудоносные свиты Кривого Рога, Кременчуга, КМА и Малого Хингана как одновозрастные образования, отложившиеся в условиях однотипной ритмической седиментации SiO_2, Fe и железистых силикатов (возможно в коллоидной форме).



Фиг. 3. Продольная, изоклинального типа складчатость в силикатно-железистых роговиках

Указанные три разновидности железорудных свит докембрия принципиально разнятся и имеют свои глубокие особенности в структуре, метаморфизме пород и металлогении. Отличие их состоит в составе, способе накопления первичного материала, в последующем его преобразовании, вплоть до формирования полезных ископаемых и, наконец, в возрасте.

Наиболее перспективной в смысле наличия богатых железных руд отчетливо выступает третья разновидность железорудных свит, сложенная железисто-сланцевыми породами типа Кривого Рога. Здесь развиты богатые железистые роговики и джеспилиты, чередующиеся со сланцами. Они пережили две мощные фазы тектогенеза, вызвавшие большие перемещения материала с созданием сложноскладчатых зон нагнетания и плоскопараллельных участков, в которых преобладало выжимание материала.

Данные условия были весьма благоприятны для возникновения и перемещения метаморфических вод, образовавшихся при обезвоживании глинисто-илистых и других материалов, составляющих железорудную свиту. Эти воды, передвигаясь в породах, приобретали большую химическую активность и, устремляясь в складчатые зоны тектонического нагнетания пород, явились главным фактором метаморфизма, вызванного перемещением различных элементов железорудной свиты. При этом широко развивались метасоматические процессы, приводящие к образованию щелочно-амфиболовых сланцев, эгиринитов, альбититов и железных руд, подчиненных складчато-трещиноватым участкам. В связи с этим

все больше растет число месторождений богатых железных руд криворожского типа, открытых в других районах распространения подобных железистых пород, при аналогичных геолого-тектонических условиях. Ярким примером этого являются также положительные результаты поисковых работ последних лет, проведенных в районах распространения железистых пород криворожского типа.

Иначе обстоит дело с железистыми породами второй разновидности свит, сложенной железистыми роговиками и основными и ультраосновными породами с подчиненным количеством различных сланцев. Накопление материала этой свиты тесно связано с мощными вулканическими



Фиг. 4. Поперечная, открытая микроскладчатость в железистых роговиках

излияниями основной магмы, которые происходили в период седиментации кремнисто-железистых осадков. Эти последние здесь не получили такого грандиозного развития, как мы это видим для Кривого Рога, и их значение среди эффузивных пород весьма подчиненное. Некоторые пласты, прослои и линзы железистых пород, в деталях настолько тесно связаны взаимными переходами с амфиболитами, что создается впечатление о возможном их метаморфическом происхождении, вследствие обособления железа и кварца в амфиболитах.

При складчатом метаморфизме эффузивная толща, естественно, не могла повторить процессы, которые возникали в криворожской свите, так как для этого не было необходимых условий. Прежде всего, эта толща была относительно изотропной, так как не состояла из послойного чередования кремнисто-железистых и глинисто-илистых пластов, которые могли бы явиться необходимым условием для дифференциального развития тектонических процессов и возникновения мощных складчатых зон нагнетания материала. Отсутствие сколько-нибудь значительного количества глинисто-илистых осадков в составе этой толщи также не могло привести к возникновению метаморфических растворов и образованию метасоматитов и железных руд криворожского типа. По этим причинам динамотермальный метаморфизм в эффузивной толще развивался относительно слабо. Дегидратация пород не привела к возникновению боль-

шого количества метаморфических растворов, что, в свою очередь, не вызвало большого перемещения компонентов породы. Здесь отчетливо заметно образование чешуйчатых минералов, сопровождающееся возникновением кварцево-хлоритовых, амфиболовых и биотитовых сланцев. Эти преобразования эффузивных пород вполне вероятно и приводили к высвобождению железа и образованию прослоев и цепочек магнетита среди сланцев. Железные руды в этих породах, повидимому, могли образовываться под влиянием тех же процессов, связанных с высвобождением железа и концентрацией его в смятых и складчатых зонах.

Совершенно очевидно, что приведенные особенности различных железорудных свит нельзя не учитывать при ведении поисковых и разведочных работ, а также при общей оценке районов развития железистых пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Г. Д. Петрографическое описание приамурской части Малого Хингана. Сб. Геолого-петрографических исследований Малого Хингана. АН СССР, 1938.
2. Белевцев Я. Н. Стратиграфия и тектоника Кривого Рога. Сб. «Советская геология», 1946, № 11.
3. Гершойг Ю. Г. Фазы петрогенезиса в кристаллических сланцах Криворожья. Сб. «Советская геология». 1949, № 37.
4. Доброхотов М. Н. Геологический очерк и железорудные месторождения Малого Хингана, ВСЕГЕИ, 1939.
5. Дуброва Б. С. К вопросу о контактовых явлениях в железистых кварцитах типа Кривого Рога, КМА и др. «Проблемы советской геологии», 1936, № 9.
6. Куплетский Б. М. Стратиграфия докембрия Кольского полуострова. Стратиграфия СССР, т. I. АН СССР, 1939.
7. Лучицкий В. И. Воронежский кристаллический массив и район Курской магнитной аномалии. Стратиграфия СССР. АН СССР, 1939.
8. Полканов А. А. Геологический очерк Кольского полуострова. Труды Арктического ин-та, 1936.
9. Половинкина Ю. И. Основные черты геологии месторождений железистых кварцитов. Материалы ВСЕГЕИ, Полезные ископаемые. Сб. № 4, Госгеолиздат, 1948.
10. Половинкина Ю. И. Основные и ультраосновные породы Карсакпая. Госгеолиздат, 1952.
11. Половинкина Ю. И. Стратиграфия, магматизм и тектоника докембрия Украинской ССР. Труды лаборатории докембрия, в. 2, 1953.
12. Поляков М. В. Геология района и описание северной группы месторождений исследуемого района. Минералы, геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. Иркутск, ОНТИ, XI, 1936.
13. Русинович И. А. Геологическое строение Северо-Восточной полосы и генезис железных руд КМА. Сб. «Советская геология», 1948, № 28.
14. Семененко Н. П. Докембрий Украинской ССР. Труды лаборатории докембрия, в. 2, 1953.
15. Усенко И. С. Метабазиты Приднепровья. Изд. Киевского госуниверситета, 1948.
16. Усенко И. С. Архейские метабазиты и ультрабазиты Украинского кристаллического массива. Изд. АН УССР, Киев, 1953.

Академик Д. С. КОРЖИНСКИЙ

СВЯЗЬ БОГАТЫХ РУД КРИВОГО РОГА С ПРОЦЕССАМИ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Богатые руды Кривого Рога образовались эпигенетически за счет переотложения железа в толще метаморфических железорудных кварцитов осадочного происхождения. При этом отчетливо выделяются два главных типа богатых руд разного происхождения. На северных и южных участках Криворожского железорудного бассейна имеются богатые магнетитовые, амфибол-магнетитовые и хлорит-магнетитовые руды, образование которых связано с эндогенными послемагматическими метасоматическими процессами. Железорудный метасоматоз здесь сочетается с магнезиальным и щелочным метасоматозом, проявляющимся в замещении кварцитов куммингтонитовыми и щелочно-амфиболовыми породами, местами с развитием эгирина, альбита и пр. Но эти руды имеют подчиненное значение сравнительно с рудами Центрального или Саксаганского участка. Богатые руды этого Центрального участка представлены мартитовыми и гематито-мартитовыми («синька»), мартитово-гидрогематитовыми («красно-синьки») и гидрогематитовыми («краски») разностями, которые принято объединять под названием руд «саксаганского типа».

В отношении генезиса руд саксаганского типа были высказаны различные точки зрения. Но среди геологов, изучающих в настоящее время криворожские месторождения, преобладающим влиянием пользуется гипотеза гидротермального или вообще эндогенного происхождения руд саксаганского типа. Эта гипотеза в настоящее время развивается в особенности Н. П. Семененко и Я. Н Белевцевым [1]. За связь богатых руд Кривого Рога с процессами коры выветривания решительно высказался Л. И. Мартыненко [3]. Однако интересная статья Л. И. Мартыненко не изменила положения и до сих пор геологи Кривого Рога руководствуются ошибочной гипотезой гидротермального происхождения всех богатых руд. Такое нетерпимое положение и заставляет автора выступить здесь с некоторыми соображениями о генезисе руд саксаганского типа, хотя эти соображения основываются только на кратковременном посещении месторождений Кривого Рога.

Геологический опыт показывает, что существует резкий разрыв между эндогенными (метаморфическими и гидротермальными) и экзогенными (гипергенными) процессами. В горных областях с существенной скоростью эрозии явления выветривания обычно почти не проявляются и здесь могут быть изучены особенности несомненно эндогенных образований. С другой стороны, известны районы с мощным развитием древней или современной коры выветривания, в которых устанавливается отчетливое наложение процессов выветривания на эндогенные метаморфические и гидротермальные образования того же типа, что встречаются и в горных районах. Здесь могут быть изучены особенности несомненно экзогенных процессов.

Такое сравнительное изучение показывает резкое различие эндогенных и экзогенных процессов и отсутствие переходов между ними, хотя умозрительно таких переходов можно было бы ожидать. Несколько особое положение занимают лишь явления сольфатарной аргиллизации в вулканических районах, при которых в силу смешения восходящих и нисходящих вод лавы замещаются своеобразными беловатыми пористыми глинисто-кремнистыми образованиями, сходными с экзогенными. Но такие процессы появляются лишь около вулканов, в приповерхностных условиях, и имеют малое распространение. Маршалит здесь не встречается.

Толщи высокопористых, частью полурыхлых красноцветных пород, вмещающих руды саксаганского типа, по своему составу и общему характеру полностью соответствуют типичным продуктам коры выветривания и совершенно не находят себе аналогов среди несомненных метаморфических или гидротермальных образований. Геолог, знакомый с корой выветривания, например, уральских месторождений, не сможет сомневаться в экзогенном характере изменения саксаганских пород.

Минералогический состав руд саксаганского типа и вмещающих их кварцитов весьма однообразен и типичен для пород коры выветривания. Это почти исключительно кварц, мартит, «дисперсный» гематит, гидрогематит, гетит, каолин и другие глинистые минералы. Все эти минералы, включая и гематит, весьма типичны для коры выветривания [2]. В отношении широко распространенного здесь гидрогематита можно утверждать, что он никогда не образуется при эндогенных процессах. Гетит, если и образуется при эндогенных процессах, то только как минералогическая редкость в некоторых редких и спорных по своему происхождению жилах. Полное окисление магнетита и закисного железа силикатов крайне типично для процессов выветривания, но не типично для эндогенных процессов и развивается при последних только как местное и частичное. Однообразие минералогического состава, типичное для экзогенных процессов, не свойственно процессам гидротермальным, так как гидротермальные восходящие растворы несут с собой разнообразные компоненты и быстро изменяют свой состав в пространстве и времени. Уже этих данных было бы вполне достаточно, чтобы отнести мощные однообразные красноцветные рудоносные толщи Саксаганского участка к продуктам коры выветривания.

Выщелачивание (преимущественно кислотное выщелачивание оснований) при гидротермальных процессах всегда имеет очень ограниченное распространение и приурочено к бокам трещинных жил или к приконтактовым зонам магматических тел гранитного состава (грейзены, вторичные кварциты, зоны сольфатарной аргиллизации). Зоны такого выщелачивания являются обычно маломощными. В таких зонах всегда сохраняются реликтовые участки невыщелоченных пород. Выщелачивание кремнезема при эндогенных процессах еще более редко и ограничено. Образование высокопористых пород при гидротермальных процессах происходит редко и только в очень ограниченных зонах. Как правило, гидротермальные процессы сопровождаются, наоборот, выполнением пор. Образование пор и пустот растворения при гидротермальных процессах всегда сопровождается укрупнением зерен минералов, примыкающих к образующимся порам, с образованием друзовых корок. Неравномерная величина зерен, с образованием хотя бы отдельных крупнозернистых участков, типична для гидротермально измененных пород. По этим признакам мощная красноцветная толща неравномерно выщелоченных пород Саксаганского участка, отличающихся совершенно равномерной тонкозернистостью и равномерной высокой пористостью

и полурыхлостью, вполне соответствует толщам коры выветривания и не имеет сходства с толщами гидротермально измененных пород. В частности, при эндогенных метаморфических или гидротермальных процессах (включая и сульфатарную аргиллизацию) никогда не образуется мучнисто-сыпучий кварц (маршалит), который весьма типичен для саксаганской железорудной толщи, как и для кор выветривания других районов.

Главным основанием гипотезы о гидротермальном происхождении богатых руд саксаганского типа и сопровождающего их изменения кварцитовой толщи является необыкновенно большая глубина проникновения этих процессов, свыше 1000—1200 м от современной поверхности, причем богатые руды нередко залегают на значительной глубине, так что количество их с глубиной увеличивается. Указывают также на весьма неравномерное распространение процессов разложения саксаганского типа, так что в боках меридиональной саксаганской зоны местами на поверхность выходят почти свежие магнетитовые кварциты. Однако такая неравномерность распространения весьма характерна именно для процессов коры выветривания. Даже при равномерной трещиноватости горных пород выветривание в них обычно распространяется карманообразно. В зонах трещиноватости тектонического происхождения выветривание глубоко врезывается в коренные породы («линейный» тип коры выветривания по И. И. Гинзбургу). Очевидно, саксаганская зона и представляла собой такую древнюю тектонически ослабленную зону. Что касается глубины распространения, то верхнемезозойская кора выветривания на Урале местами проникает на глубину до 300—400 м от современной земной поверхности. Древние докембрийские коры выветривания, к которым относится и кора выветривания Кривого Рога, могут быть более мощными. Так, в месторождениях горной гряды Годжебик в районе Верхнего озера (США) протерозойские процессы экзогенного окисления и выщелачивания распространяются на глубину до 4000 футов (1215 м), причем «на этой глубине железорудная формация также полностью окислена и выщелочена, как и вблизи поверхности» [4].

Приуроченность богатых руд саксаганского типа к синклинальным структурам также рассматривается [1] как довод в пользу связи их с гидротермальными растворами. Нисходящие воды должны скапливаться в килевых частях синклинальных структур и следовать в направлении их склонения. Именно здесь, на некоторой глубине, они могут осаждать железо, выщелоченное на более высоких горизонтах. Восходящие же воды должны, наоборот, направляться в основном не синклинальными, а антиклинальными структурами. Для месторождений района Верхнего озера твердо установлена приуроченность богатых рудных тел к килевым частям разнообразных мульдообразных структур, собиравших нисходящие поверхностные воды [5].

Н. П. Семененко и Я. Н. Белевцевым установлено, что образование богатых руд местами происходило одновременно с возникновением мелкой складчатости типа плойчатости в оруденевающих кварцитах. Это заключение не возбуждает сомнений. Но их дальнейшее заключение, что эта мелкая складчатость одновременна с более крупной и вызывалась тектоническими процессами, явно ошибочно. Руды и вмещающие их породы Саксаганского участка, местами полурыхлые, не обнаруживают никаких следов тектонического воздействия, одновременного с процессами окисления и выщелачивания или более позднего. Полурыхлые породы безусловно не могли передавать тектонических напряжений и не могли возникнуть в условиях образования складчатых дислокаций. В условиях формирования саксаганской полурыхлой толщи возможна

была только гравитационная местная мелкая складчатость, вызывавшаяся оседанием пород, из которых выщелачивался кварц. Такого рода мелкие местные складки оседания, обусловленные экзогенным выщелачиванием, описываются и для месторождений района Верхнего озера [5].

Самые процессы образования богатых руд саксаганского типа хорошо описаны Л. И. Мартыненко [3] и Я. Н. Белевцевым [1]. Основное значение имело выщелачивание кварца, сопровождавшееся оседанием зерен магнетита, которые в силу окисления превращались в мартит. На месте железо-силикатовых прослоев возникали пористые гидрогематитовые прослои. Как подчиненный процесс Я. Н. Белевцев [1] отмечает частичное замещение кварцевых прослоев гидрогематитом. В отдельных случаях в небольших масштабах такое замещение кварца гематитом или гидрогематитом наблюдается очень отчетливо. Л. И. Мартыненко полностью отрицает самую возможность такого замещения, допуская лишь более позднее замещение кварца гетитом или лимонитом при изменившихся условиях. Вместе с тем он допускает широкое развитие процесса замещения кварца монтморилонитом и каолином, что нам представляется сомнительным.

Совершенно несомненно, что образование основной части богатых железных руд саксаганского типа происходило одновременно с экзогенными процессами окисления и выщелачивания окружающих пород. Это в частности доказывается тем, что наиболее выщелоченные железистые кварциты оказываются около рудных тел, где, вследствие выщелачивания и растворения кварца вдоль стыков его зерен, кварцевые прослои превращаются в мучнисто-сыпучий кварц (маршалит) в виде порошка, легко высыпающегося из породы. Нельзя отрицать возможность того, что в зону выветривания могли попасть также некоторые залежи богатых руд эндогенного метасоматического происхождения, но среди руд саксаганского типа они могут иметь только подчиненное распространение.

В месторождениях района Верхнего озера установлено несколько разновременных циклов выветривания, сопровождавшихся образованием в коре выветривания богатых руд. Руды более древних кор выветривания местами подвергались метаморфизму под воздействием более молодых протерозойских интрузий, с превращением в магнетитовые руды. Поэтому следует рассмотреть предположение, не являются ли богатые магнетитовые руды северных участков Кривого Рога метаморфизованными рудами коры выветривания. Можно совершенно определенно утверждать, что это не так. Прежде всего очевидно, что щелочно-амфиболовые породы, сопровождающие магнетитовые руды, не могли возникнуть за счет метаморфизма выщелоченных пород коры выветривания. Далее, в Кривом Роге нет никаких признаков воздействия на кору выветривания каких-либо более молодых метаморфических процессов. Невозможно согласиться с Я. Н. Белевцевым, что отсутствие гидрогематита в области распространения магнетитовых руд «свидетельствует о более позднем образовании магнетита, полевого шпата и карбоната в сравнении с гидрогематитом» [1]. Кора выветривания с гидрогематитом за пределами саксаганской зоны могла быть смыта. Высокотемпературный метаморфический процесс, приведший к образованию магнетитовых богатых руд и к мощному метасоматозу, обязательно должен был так или иначе проявиться в прилежащей саксаганской зоне. Однако никаких признаков даже самого низкотемпературного метаморфизма или воздействия гидротермальных растворов в коре выветривания саксаганского участка не обнаруживается, она сохранила даже свою высокую пористость и местами полурыхлое сложение. Поэтому несомненно, что образование коры выветривания в Кривом Роге произошло после прекращения в этом

районе всех эндогенных магматических и метаморфических процессов. Можно быть уверенным, что на достаточной глубине под корой выветривания саксаганской зоны будут встречены менее выветрелые породы, типичные и для северного участка, с проявлением щелочно-амфиболового метасоматоза.

Таким образом, процессы мартитизации и гидрогематизации метаморфических кварцитов, с выщелачиванием кварца и образованием богатых руд саксаганского типа, в месторождениях Кривого Рога, несомненно, происходили в условиях древней коры выветривания, как это правильно отмечалось Л. И. Мартыненко [3]. Эта точка зрения должна быть продумана геологами, непосредственно изучающими данные месторождения.

Совершенно исключительная мощность развития древней коры выветривания в саксаганской полосе, свойственная, повидимому, только докембрийским корам выветривания, делает этот район особенно важным для познания процессов образования коры выветривания. Необходимо основательное изучение месторождений Кривого Рога с этой точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Типы рудных полей криворожских железорудных месторождений и соображения о генезисе железных руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 2.
2. Гинзбург И. И. и Рукавишникова И. А. Минералы древней коры выветривания Урала. АН СССР, 1951.
3. Мартыненко Л. И. К вопросу об образовании богатых руд Кривого Рога. Ученые записки Черновицкого гос. университета, т. VIII, серия геол.-геогр. наук, в. 2, 1950.
4. Emmons W. N. The principles of economic geology. 2-d ed., 1940.
5. Royce S. Iron ranges of the Lake Superior district. Ore deposits as related to structural features. Edited by W. H. Newhouse. 1942.

Л. И. МАРТЫНЕНКО

ГЕНЕЗИС БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД САКСАГАНСКОГО РАЙОНА КРИВОРОЖСКОГО БАССЕЙНА

При исследовании генезиса богатых железных руд Криворожского бассейна обычно отмечается сложность минерального состава этих руд и вытекающая отсюда невозможность одной гипотезой объяснить их образование. Различие во взглядах на генезис богатых руд объясняли односторонностью авторов гипотез, стремившихся расценить их образование с позиций одного какого-либо процесса.

Если внешне такое положение и имеет какой-то смысл, то в действительности положение с изучением бассейна выглядит совсем иначе.

Для изучения месторождений Кривого Рога характерно, что до последнего времени серьезных работ по петрогенетическому исследованию пород и руд бассейна не было. Минералогический состав руд и вмещающих пород до сих пор остается недостаточно изученным. Следует указать на то, что до последнего времени минералогический состав таких руд, как «красковые», остается спорным. В результате отсутствия петрогенетических и минералогических работ на современном уровне науки могла существовать и даже пользоваться «всеобщим» признанием такая теория, как гидротермально метасоматическая, выдвинутая в свое время Н. П. Семененко и поддерживаемая Я. Н. Белевцевым, Ю. Г. Гершойгом и др.

Следует подчеркнуть, что до сих пор в исследовании месторождений Кривого Рога не было достаточно продуманной методики, которая бы учитывала многофазность пород и руд бассейна. Неудивительно поэтому, что ряд гипотез о генезисе руд Кривого Рога представляет собой малообоснованные построения, совершенно не учитывающие необходимость исторического подхода к изучению такого сложного и многофазного (по условиям образования) месторождения, как Криворожский железорудный бассейн.

Учитывая положительные и отрицательные стороны предшествующих исследований, мы в основу изучения пород и руд Кривого Рога положили петрогенетический и минералогический анализы, по которым мы и пытаемся воссоздать историю формирования бассейна, начиная от момента седиментации железистого осадка до гипергенных воздействий современной эпохи.

В настоящей статье рассматривается вопрос о генезисе богатых железных руд Кривого Рога. Богатые руды Кривого Рога представлены тремя минералогическими типами. Первый тип представлен магнетито-гематитовыми в различной степени мартитизированными рудами. Второй тип сложен мартитизированным магнетитом и гидрогематитом. Третий тип руд состоит почти целиком из гидрогематита.

Первый тип руд получил местное название «синьки», второй называется «краско-синьками» и третий тип назван «красковыми» рудами.

Указанные типы руд образовались за счет изменения соответствующих железистых пород. Так, мартито-гематитовые руды («синьки») образовались за счет изменения магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов), мартито-гидрогематитовые руды («красно-синьки») — за счет изменения силикатных роговиков и гидрогематитовые руды («краски») — за счет изменения аспидно-хлоритовых сланцев.

Богатые руды полностью сохраняют текстурные особенности железистых пород, за счет изменения которых они возникли.

Для обоснованного решения вопроса о генезисе богатых руд нами были проведены детальные петрогенетические и минералогические исследования руд и вмещающих пород. В результате этих исследований всю историю формирования богатых руд Кривого Рога мы делим на следующие шесть этапов.

К первому этапу мы относим седиментацию железистых пород и разделяющих их сланцев. На этом этапе происходило образование комплекса пород, слагающих саксаганскую свиту. В среднем железорудном отделе, как показывают петрогенетические исследования, фиксируются закономерные изменения фаций, начиная от аспидно-хлоритовых сланцев, переслаивающихся с безрудными роговиками, до тонкослоистых джеспилитов. Аспидно-хлоритовые сланцы мы рассматриваем как породу, в основном кластогенную, хотя некоторая часть глинозема этих сланцев может иметь и хемогенный характер. Безрудные роговики, или, вернее, малорудные роговики, образующие прослои в сланцах, как породы, совершенно не содержащие кластогенного материала, мы относим к химическим осадкам.

Эволюция фаций среднего отдела, начиная снизу вверх, идет за счет постепенного роста хемогенной части и уменьшения кластогенного материала. Джеспилиты являются уже целиком хемогенными кварцево-железистыми осадками.

Если рассматривать джеспилиты как химические осадки, как и делают все исследователи Кривого Рога, то в минералогическом их составе наблюдается такая последовательность формирования. К комплексу сингенетических минералов следует отнести кварц и гидроокись железа, раннедиагенетическим минералом в них являлся сидерит. Сидерит давал эпигенетические прослои, которые метасоматически замещали первичные роговиковые прослои джеспилита.

На стадии образования эпигенетических сидеритовых прослоев первый этап, выделяемый нами, был закончен.

Со вторым этапом мы связываем наиболее ранний посткриворожский этап контактово-метаморфических процессов, который регионально изменил первичные породы саксаганской свиты. Этот этап контактово-метаморфических процессов проходил до отложения пород верхней сланцевой толщи. Доказательством этого является нахождение метаморфизованных пород среднего отдела в конгломератах, располагающихся в основании кластического отдела верхней сланцевой толщи.

В период второго этапа железистые породы дегидратизировались (остатки опала перешли в кварц, а гидроокись железа в гематит). Кроме того, сидерит под влиянием контактово-метаморфических процессов был превращен в магнетит с сопряженными с ним двориками столбчатого кварца. Глинистые осадки среднего отдела под влиянием контактовых воздействий этого этапа были превращены в аспидно-хлоритовые сланцы. Тектонические процессы, сопряженные с этим этапом, создали (за счет пород нижнего и среднего отделов) складчатую систему. По анализу последующих тектонических процессов можно утверждать, что направление складок первой тектонической фазы было близким к суб-

меридиональному. Складки были близки к открытым формам (брахисинклинали, брахиантиклинали). В местах повышенного сжатия возникала мелкая изоклинальная складчатость.

После второго этапа, в течение весьма длительного третьего этапа, породы саксаганской свиты существовали в континентальных условиях, в результате чего они подверглись длительным гипергенным воздействиям.

Условия для гипергенеза железистых пород были очень благоприятными, так как каких-либо кроющих пород не было в это время на среднем отделе саксаганской свиты.

Весьма характерной для гипергенеза континентов архея-протерозоя была устойчивая щелочная среда коры выветривания. Она возникала как результат отсутствия почвообразовательных процессов на континентах архея-протерозоя. Почвенные процессы, как это указывается почвоведами, зависят от фитоценозов, развивающихся на данной поверхности. Не остается сомнения в том, что при полном отсутствии наземной растительности в пределах складчатых горных систем, созданных первой фазой тектогенеза, кора выветривания неизбежно приобретала устойчивую щелочную среду. При отсутствии кроющих пород и при благоприятной тектонической подготовке гипергенные процессы могли интенсивно воздействовать на железистые породы, приводя к существенным изменениям их минералогического состава. Если учесть, что в условиях устойчивой щелочной среды в коре выветривания легко мигрирующим соединением является кремнезем, становится ясным, что кремнезем систематически выносился из железистых пород. Окислы железа как не способные к миграции в щелочной среде накапливались и обогащали породу железом.

Ввиду односторонности и длительности процесса конечным результатом явились богатые железные руды, локальное размещение которых было обусловлено тектонической подготовкой железистых пород.

В конце длительного континентального перерыва, во время которого в коре выветривания сформировались богатые рудные залежи, имел место частичный размыв среднего отдела саксаганской свиты и на размытой ее поверхности началось отложение нового цикла осадков. Нижние горизонты кластогенной толщи, залегающие несогласно на породах среднего отдела, содержат гальки метаморфизованных железистых пород и руд. Это свидетельствует о том, что богатые руды возникли до отложения кластогенной толщи. Это же подтверждается и тем, что в южной части бассейна, в пределах Ингулецкого рудника, в нижних горизонтах кластогенной толщи, по указанию геолога М. Р. Светличного, наблюдались пачки мартитовых руд, представлявших перемытый рудный материал среднего отдела.

Длительность континентального перерыва после первой фазы контактово-метаморфических воздействий в известной мере можно подтвердить почти полным изменением фациального состава пород, кроющих средний отдел саксаганской свиты. Это имеет особенное значение для железистых пород, так как после континентального перерыва в их седиментации произошли существенные изменения.

Если средний отдел характеризуется типично хемогенными железистыми осадками, то в породах, кроющих средний отдел, появляются кластогенные породы, содержащие повышенное количество железа, и почти полностью отсутствуют хемогенные железистые осадки. Эта трансформация фаций железистых осадков не может быть случайной и она, несомненно, отражает изменение условий седиментации железистых пород. Такое изменение условий, в свою очередь, не могло произойти за корот-

кое время, и это косвенно подтверждает наличие длительного континентального перерыва между средним отделом и кроющими его породами кластогенного отдела. Накоплением кластогенного отдела верхней сланцевой толщи заканчивается четвертый этап формирования Кривого Рога.

В следующий, пятый этап, мы выделяем процессы метаморфизма, возникшие в связи с интрузией серых гранитов.

Как указывает В. Н. Котляр, интрузия серых гранитов оказала очень сильные контактово-метаморфические воздействия на породы саксаганской свиты. Наши петрогенетические исследования показывают, что интрузия серых гранитов обусловила процессы магнетитизации, гранатизации, эгиринизации, куммингтонитизации, актинолитизации, активные процессы щелочного метасоматоза, которые накладывались как вторичные процессы на породы среднего и кластогенного отделов саксаганской свиты. Такие процессы явились результатом активных гидротермальных процессов, связанных с контактовыми воздействиями серых гранитов.

В развитии указанных метасоматических процессов можно проследить закономерно изменяющуюся последовательность, которая выражается в том, что на наиболее высокотемпературном этапе контактных воздействий развиваются процессы магнетитизации, гранатизации и эгиринизации, сменяющиеся последовательно куммингтонитизацией, актинолитизацией, биотитизацией и завершающуюся процессами щелочного метасоматоза.

Важным фактом, не отмечавшимся никем из предыдущих исследователей, является то, что все указанные процессы накладываются на структуры гипергенно измененных пород. Так, сферолитовые агрегаты куммингтонита развиваются по торцовой структуре, возникающей в гипергенно измененных роговиках. Отчетливо также фиксируется замещение куммингтонитом вторичных карбонатов, образовавшихся в результате метасоматического замещения магнетита первой фазы метаморфизма. Довольно часто наблюдаются пересечения куммингтонитом прожилков гетита, образовавшихся в период предшествующих гипергенных процессов. Таким образом, наложение гидротермальных процессов, связанных с контактово-метаморфическими воздействиями на гипергенно измененные породы, не вызывает каких-либо сомнений.

Интенсивность гидротермальных воздействий фазы, связанной с серыми гранитами, проявляется по-разному в разных участках бассейна. Наибольшей силы эти воздействия достигли в северной и южной части Кривого Рога. Их воздействие отчетливо прослеживается на всем простирании железистых пород.

В качестве вторичных гидротермальных минералов, в породах нижнего, среднего и кластического отделов верхней сланцевой толщи возникают магнетит, гранат, эгирин, куммингтонит, актинолит, биотит, полевые шпаты, хлоритоид, дистен, хлориты и сульфиды. Наиболее распространен из указанного комплекса минералов куммингтонит. Весьма характерным для развития граната, эгирина и куммингтонита является то, что указанные минералы метасоматически замещают минералы первой фазы метаморфизма. В результате такого замещения возникают характерные островные структуры магнетита в поле замещающих его минералов. Островные структуры являются также подтверждением наложения гидротермальных процессов на более ранние структуры железистых пород.

Интенсивность контактовых процессов, вызванных интрузией серых гранитов, проявляется в том, что силикатные роговики во многих местах

почти целиком изменили свой минералогический состав. К таким сильно измененным интрузией серых гранитов роговикам относятся куммингтонитовые роговики Тарапако-Лихмановского антиклинала. В них силикаты первой фазы метаморфизма в большинстве отсутствуют полностью, магнетит наблюдается в виде отдельных сильно корродированных зерен.

Характерно, что такие куммингтонитизированные роговики местами дают мелкую изоклинальную складчатость, которая, несомненно, возникла после процессов куммингтонитизации, т. е. после второй фазы метаморфизма.

Таким образом, изоклинальная складчатость не является характерной только для первой фазы. Это положение позволяет утверждать, что структуры западного и, повидимому, восточного борта Криворожского синклинория относятся не к однофазным образованиям.

Как показывают петрогенетические исследования, контактово-метаморфические воздействия достаточно интенсивно проявляются и на породах нижнего отдела. Так, в аркозах, за счет гидротермальных воздействий, возникают калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, бурый биотит и щелочные амфиболы. В филлитах местами (шахта «Северная», горизонт 389 м) почти все силикаты замещаются куммингтонитом. Такие контактовые изменения с той или иной интенсивностью прослеживаются на породах нижнего отдела на всем известном их простирании.

Мы считаем, что интенсивная складчатость рудных тел возникла при тектонических процессах, связанных с интрузией серых гранитов. Рудные залежи в результате предшествующих процессов представляли собой ослабленные зоны и поэтому они особенно легко подверглись интенсивной складчатости, которая, как известно, локализуется контурами рудных тел. Наряду с этим происходило сжатие рудоносных зон.

Как указывалось выше, все эти контактово-метаморфические воздействия локализовались в пределах нижнего и среднего отделов саксаганской свиты, а также кластогенного отдела (надрудной толщи) верхнего отдела. Породы же верхней сланцевой толщи совершенно не выявляют каких-либо признаков контактово-метаморфических воздействий, что указывалось многими исследователями.

Исследуя характер залегания пород верхней сланцевой толщи, мы приходим к выводу о несомненном залегании пород этой толщи на кластогенном отделе. Это подтверждается как интенсивным размывом кластогенного отдела, в результате которого от нее остались небольшие острова, резкой сменой фаций, так и резкой разницей в явлениях метаморфизма.

Нам представляется, что при таком интенсивном контактовом воздействии, которое оказала интрузия серых гранитов на нижние отделы саксаганской свиты, отсутствие этих воздействий на породах верхней сланцевой толщи можно объяснить только более поздним ее образованием.

Отложение верхней сланцевой толщи и образование Криворожского синклинория мы относим к следующему, шестому, этапу формирования бассейна. Учитывая значительную мощность верхней сланцевой толщи, доходящую до 1500 м, можно утверждать, что между тектоническими процессами, связанными с интрузией серых гранитов, и периодом формирования синклинория был значительный промежуток во времени.

С какими интрузивными процессами следует связывать период формирования синклинория, вопрос остается пока неясным. Одно является, по нашему мнению, несомненным — тектонические структуры как восточного, так и западного борта синклинория являются структурами по меньшей мере трехфазными.

Петрогенетические исследования показывают, что после образования Криворожского синклинория гипергенные процессы накладывались на породы саксаганской свиты, в результате чего формировалась кора выветривания на тектонической структуре, близкой к современной.

Но как показывают наблюдения, послекембрийская дотретичная кора выветривания почти нигде не сохранилась в пределах бассейна. Может быть небольшое исключение составляют южные участки бассейна, где в верхних горизонтах местами сохранились, сильно измененные, доведенные до руды, железистые породы, которые можно рассматривать как продукт дотретичной коры выветривания.

К дотретичным следует относить изменения железистых пород по трещинным зонам, которые прослеживаются до глубины 40—50 м, а в некоторых участках и на значительно бо́льших глубинах. Но эти изменения, как правило, не меняют сколько-нибудь существенно минеральный состав исходных железистых пород.

Заканчивая схематическое рассмотрение последовательности формирования криворожских железорудных месторождений, мы считаем необходимым еще раз подчеркнуть их многофазность и сложность наложения различных геохимических процессов, с различной интенсивностью в разных участках железорудного района. В бассейне в настоящее время накопился огромный фактический материал, изучение которого позволяет воссоздать всю геологическую историю формирования Кривого Рога.

После рассмотрения схемы образования Кривого Рога обратимся к выяснению генезиса отдельных типов руд.

Как указывалось выше, три основных типа руд Кривого Рога тесно связаны с определенными породами, за счет которых они возникли. Так как рудоносные зоны представляют комплекс перемежающихся магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов), силикатных роговиков и аспидно-хлорито-амфиболовых сланцев, то совершенно естественно, что различные типы руд залегают в непосредственном соседстве. Непосредственные смежные контакты свидетельствуют о том, что в образовании разных типов руд принимали участие одни и те же процессы. Как указывалось выше, процессами, обусловившими образование богатых руд, были длительные гипергенные воздействия на железистые породы, имевшие место после первой фазы метаморфизма.

Исследование магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) и их контактов с мартито-гематитовыми рудами выявляет два процесса, взаимно противоположных по своему характеру и развивавшихся независимо друг от друга. Первый процесс — это выщелачивание кварца; последовательное его развитие, как увидим ниже, обусловливает переход от магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) к мартито-гематитовым рудам. Второй комплекс процессов определяет вынос рудных минералов из железистых пород. Влияние второго комплекса процессов направлено на снижение содержания железа в железистых породах и, таким образом, он является прямо противоположным по своему характеру.

Рассмотрим первый комплекс процессов, в результате которого в толще железистых пород образовались богатые руды. Основным резко преобладающим типом богатых руд Кривого Рога являются магнетито-мартито-гематитовые руды, называемые «синьками». Генетически они связаны с магнетито-гематитовыми роговиками (джеспилитами).

Петрогенетическое исследование руд приконтактных зон и магнетито-гематитовых роговиков свидетельствует о том, что текстурные особенности роговиков полностью сохраняются при переходе их в руду. Эпигенетические рудные прослои при переходе в руду теряют кварц. Часто при

таком изменении эпигенетических прослоев можно наблюдать, что в отдельных участках кварц замещается монтмориллонит-бейделлит-каолинитовой группой минералов. При этом можно видеть, что активные контакты создаются монтмориллонит-бейделлитовой группой, которая, в свою очередь, замещается каолинитом.

Первично роговиковые прослои магнетито-гематитового роговика при переходе в руду выявляют следующие изменения: роговиковый кварц выщелачивается непосредственно или же путем метасоматического замещения, вполне аналогичного указанному выше для кварца эпигенетических прослоев; тонкодисперсный эмульсоидный гематит, по мере выноса кварца сливается в более крупные зерна, которые, сближаясь, образуют тонкосетчатую структуру. Образование тонкосетчатой структуры можно проследить на ряде промежуточных стадий. Так, на первых этапах выноса кварца из роговикового прослоя, пылевидный гематит образует изолированные сферические стяжения. Эти стяжения по мере выноса кварца сближаются. Перекристаллизация их приводит к образованию округлых зерен гематита размером 0,01—0,02 мм, которые, сближаясь, дают тонкосетчатую структуру роговикового прослоя.

В процессе оруденения тонкосетчатые структуры подвергаются дальнейшему уплотнению и при полном выносе кварца образуют рудные прослои, состоящие из гематита.

В том случае, когда роговики сложены эпигенетическими магнетитовыми и первичными роговиковыми прослоями, состоящими из кварца с эмульсоидным гематитом, они дают руду, состоящую из прослоев мартитизированного магнетита (мартита), и прослоев уплотненного гематита. В том же случае, когда роговики совершенно не имеют эпигенетических прослоев, то и руда, возникающая за их счет, целиком состоит из гематита. Такие руды, как показывают наблюдения, пользуются значительно меньшим распространением, чем комплексные мартито-гематитовые. Весьма важным положением в процессе образования руд за счет магнетито-гематитовых роговиков является вопрос о миграции железа.

Как показывает детальное изучение структур и текстур, подвергающихся процессам оруденения железистых роговиков, рудные минералы эпигенетических прослоев при переходе в руду полностью сохраняются.

Эмульсоиды гематита в роговиковых прослоях сливаются в более крупные зерна, образующие вначале сетчатую структуру, а затем, по мере выноса кварца, сплошные рудные прослои. Такие прослои мы называем рудными прослоями сжатия. Все указанные соотношения рудных минералов в магнетито-гематитовых роговиках отчетливо свидетельствуют о том, что рудные минералы при переходе роговиков в руду остаются иммобильными.

Минеральный состав рудной части магнетито-гематитовых роговиков меняется только в том отношении, что магнетит рудных прослоев в различной степени мартитизируется, а гематит роговиковых прослоев перекристаллизовывается с укрупнением зерен.

Какие-либо метасоматические процессы замещения кварца окислами железа при процессе оруденения полностью отсутствуют, что вытекает из того, что процессы выноса кварца происходят в щелочной среде, в которой железо не является способным к миграции. Вынос кварца увеличивает пористость руд, с почти полным сохранением взаимоотношения рудных минералов магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов).

Химическая характеристика процессов выщелачивания кварца из магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) при переходе их в руду приведена в табл. 1 (в %).

Таблица 1

Количество анализов	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3руд	Fe_2O_3силик	FeOруд	FeOсилик	Feобщ	CaO	MgO	MnO
Магнетито-гематитовые роговики										
22	40,72	0,40	45,30	0,78	8,54	0,32	38,92	0,94	1,22	0,05
Выщелоченные магнетито-гематитовые роговики										
7	32,28	1,84	63,11	—	1,52	—	45,37	0,18	0,17	0,02
Мартито-гематитовые руды										
13	2,63	1,46	93,14	—	1,60	—	66,07	0,17	0,13	0,02

Продолжение табл. 1

Количество анализов	TiO_2	V_2O_5	As	P_2O_5	S	C	CO_2	$K_2O + Na_2O$	$-H_2O$	$+H_2O$	П. п. п
Магнетито-гематитовые роговики											
22	0,01	—	0,005	0,075	0,049	0,01	1,45	0,33	0,66	0,57	0,51
Выщелоченные магнетито-гематитовые роговики											
7	—	—	—	0,064	—	—	—	—	0,12	0,74	1,28
Мартито-гематитовые руды											
13	—	—	—	0,076	—	—	0,59	—	0,13	1,00	0,43

Как видно из средних анализов, приведенных в табл. 1, увеличение содержания железа в руде идет за счет выноса кремнезема из магнетито-гематитовых роговиков. Резкое уменьшение закиси железа свидетельствует о процессах окисления, протекающих по мере выноса кварца. Это же подтверждается пересчетом среднего химического состава указанных пород на минеральный состав в весовом и объемном соотношении.

Таблица 2

Название пород	Кварц	Доломит	Сидерит	Магнетит	Гематит	Остаток	Пористость
Джеспилиты свежие . .	53,31	2,58	—	18,42	18,0	4,43	3,26
Джеспилиты выщелоченные	41,50	0,64	0,91	1,82	40,19	2,73	12,31
Мартито-гематитовая руда	3,80	0,72	0,76	2,60	66,92	2,52	22,68

Как видно из табл. 2, при процессах оруденения объемные количества кварца уменьшаются с 53,31 до 2,63%; количество карбонатов при этом уменьшается с 2,58 до 1,48%; количество магнетита уменьшается с 18,42 до 2,60%; содержание гематита при этом увеличивается с 18,0 до 66,92%.

Процесс выноса кварца из магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) при переходе их в богатую руду подтверждается также исследованием изменения удельных, объемных весов и пористости, помещенных в табл. 3.

Таблица 3

Наименование породы	Удельный вес	Объемный вес	Пористость в %	Содержание железа в %	Примечание
Магнетито-гематитовый роговик плотный	3,62	3,50	3,26	39,30	Среднее из 37 определений
Те же роговики, частично оруденевшие	3,95	3,45	12,31	46,65	Среднее из 7 определений
Мартито-гематитовая руда	5,00	3,86	22,68	66,76	Среднее из 34 определений

Как видно из данных табл. 3, по мере перехода магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) в мартито-гематитовую руду, закономерно изменяются удельный и объемный веса, при росте содержания железа и с увеличением пористости.

Для изменения пористости железистых пород при процессах оруденения весьма характерным является несоответствие теоретической пористости, которая должна была расти пропорционально выносу кварца, с фактической, получаемой при исследованиях. Это несоответствие весьма просто объясняется явлениями сжатия рудоносных зон под влиянием тектонических воздействий.

Сотрудниками НИГРИ Л. Ф. Залатой и Д. И. Бетиным были определены в 1953 г. коэффициенты уменьшения пористости по отдельным рудникам Саксаганской полосы. Для указанных расчетов были использованы данные по массовому определению физических свойств пород и руд Кривого Рога (12 000 определений). Полученные Л. Ф. Залатой и Д. И. Бетиным данные сведены в табл. 4.

Таблица 4

Рудоуправление	Коэффициенты уменьшения пористости	
	V железистый горизонт	VI железистый горизонт
Им. Дзержинского . .	2,5	—
„ Кирова	2,3	—
„ К. Либкнехта . . .	2,2	—
Большевик	2,1	—
Им. Коминтерна . . .	2,2	—
„ Фрунзе	2,4	—
„ Кагановича	2,2	1,8
„ Р. Люксембург . .	3,4	2,6
„ Орджоникидзе . . .	—	2,7

Как видно из таблицы, наибольшее сжатие имело место в северных и южных участках района.

Расчеты показывают, что при указанных коэффициентах сжатия изменение первичного объема железистых пород колеблется в пределах от 29 до 35% исходного объема.

Все структурные изменения и изменения физических свойств магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) при переходе их в руду могут быть прослежены, как указывалось выше, на целом ряде постепенных последовательных стадий обогащения исходных пород железом. Исследование структур, текстур и физических свойств, подвергающихся процессам оруденения магнетито-гематитовых роговиков, устанавливает три основных положения.

1. Переход от магнетито-гематитовых роговиков к мартито-гематитовым рудам («синькам») совершается в щелочной среде за счет выноса кварца.

2. Выноса и привноса рудных минералов в момент образования богатых руд не происходит. Рудные минералы рудных прослоев в процессе образования богатых руд остаются без изменения. Эмульсионные включения гематита роговиковых прослоев претерпевают перекристаллизацию, укрупняются и образуют рудные прослои сжатия без привноса или выноса рудных минералов.

3. Формирование рудных текстур и структур происходит при явно выраженном сжатии железистых пород. Это сжатие проявляется на роговиковых прослоях, мощность которых уменьшается в 2—2,5 раза. В некоторых случаях такое резкое изменение мощности роговиковых прослоев удается наблюдать в пределах шлифа. Общий объем породы уменьшается от 29 до 35% от исходного объема.

Явления сжатия, отчетливо наблюдающиеся в связи с процессами оруденения, впервые были отмечены нами в 1949 г. [8]. Они, как показывают наблюдения, проявлялись в несколько фаз. Как пример одной из последних фаз сжатия можно указать образование нитевидных структур кварца в роговиках Ингулецкого рудника. Для того же рудника характерны псевдожелезнослюдковые руды, представляющие собой раздавленные магнетитовые залежи. Явления сжатия весьма просто объясняют отсутствие какой-либо зависимости между содержанием железа и пористостью в железистых породах и богатых рудах.

Естественно, что пористость руд уменьшается по мере их сжатия. Объем пор в руде не может быть сопоставлен с объемом, приходящимся на кварц в железистых породах, как это делает И. И. Танатар [11]. Соотношение пористости различных участков богатых мартито-гематитовых руд показывает, что процессы сжатия не проходили равномерно по всей толще железистых пород, подвергавшихся процессам оруденения, что и обусловило различную пористость и крепость богатых руд.

Следует считать ошибочным утверждение И. И. Танатара, что рыхлость руд определяется степенью лимонитизации.

Крепость руд при отсутствии процессов миграции железа является следствием структурных изменений роговиковых прослоев, происходящих в процессе выноса кварца и сжатия породы. Магнетито-мартитовые прослои в большинстве случаев остаются рыхлыми. Магнетито-гематитовые роговики (джеспилиты) с большим количеством эпигенетических прослоев почти всегда дают рыхлые руды. Наши исследования показывают, что при явлении гидрогетитизации, происходящей в более позднюю стадию, крепость руд увеличивается, так как процесс идет с увеличением объема и это приводит к уплотнению руд.

Наблюдения показывают, что при переходе мартита и гематита в гетит и гидрогетит образуются коллоидные растворы, за счет коагуляции

которых развиваются гетит и гидрогетит. Этот процесс также повышает крепость руд.

Важным является вопрос о направлении сжатия рудных тел, раздавливание кварца до нитевидных структур, развитие железной слюдки на плоскостях слоистости не оставляют сомнения в том, что один из векторов сжимающих усилий был направлен нормально слоистости железистых пород. Вторым направлением, которое для Кривого Рога установлено работами Н. П. Семененко, является направление, совпадающее с простиранием железистых пород. Дифференциальные межпластовые подвижки фиксируются повсеместно.

Совершенно естественно, что сопряжение этих двух направлений в максимальной степени должно было сказаться на рудных зонах, являющихся ослабленными в результате процессов оруденения. Нам представляется, что влияние пострудных сопряженных усилий привело к окончательному оформлению так называемой рудной складчатости, характерной для богатых руд.

Следует отметить, что степень продольного сокращения рудных зон обусловила и наблюдающуюся в настоящее время мощность рудных тел. Исследование характера рудной складчатости, проведенное нами, позволяет утверждать, что продольное сокращение рудных тел в большинстве случаев превосходит 50% и таким образом, мощность рудных тел возросла вдвое по отношению к первичным железистым породам. Это обстоятельство нужно иметь в виду при оценке мощности рудных тел, подчиненных толще железистых пород.

Следует отметить, что минералогический состав мартито-гематитовых руд, представленный в момент формирования мартитом, остаточным магнетитом, гематитом, кварцем, монтмориллонитом, бейделлитом и каолинитом, не оставался без изменения после образования руд. Исследования показывают, что в рудах и ближайших к ним железистых породах происходили процессы выноса рудных минералов под воздействием кислых растворов. Такой вынос рудных минералов мало заметен на богатых рудах, но весьма отчетливо фиксируется на вмещающих роговиках, которые образуют ореол так называемых выщелоченных магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов). Вынос рудных минералов бывает довольно часто настолько интенсивным, что магнетито-гематитовые роговики превращаются в белую рыхлую породу, целиком состоящую из кварца. Такие выщелоченные магнетито-гематитовые роговики (джеспилиты) образуют ряд постепенных переходов к неизменным железистым породам.

Как показывают исследования, ореол железистых пород, подвергшихся воздействию кислых растворов, значительно превосходит контуры рудных залежей. Воздействие кислых растворов производит последовательное изменение структур и текстур железистых пород. Изменения структур и текстур железистых роговиков настолько закономерны, что это позволило нам разработать структурно-минералогические поисковые признаки богатых руд по петрографической оценке ореолов измененных пород.

Исследование физических свойств магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) показывает, что на начальных стадиях выноса рудных минералов происходит сравнительно небольшое уменьшение содержания железа при значительном увеличении пористости. Средние данные по 11 определениям дают результаты, помещенные в табл. 5.

Снижение удельного веса происходит за счет выноса рудных минералов, что видно по уменьшению среднего содержания железа (с 39,30%

до 33,94%); для выщелоченных джеспилитов характерно значительное увеличение пористости (до 11,52%).

Таблица 5

Название породы	Удельный вес	Объемный вес	Пористость в %	Содержание железа в %	Примечание
Магнетито-гематитовый роговик (джеспилит) выщелоченный . . .	3,47	3,06	11,52	33,94	Среднее из 11 определений

Процессы, связанные с воздействием кислых растворов, должны были вызывать миграцию железа в железистых породах. Изучение магнетито-гематитовых роговиков, подвергающихся этим процессам, показывает, что при выносе рудных минералов наблюдается определенная стадийность, выражающаяся в том, что рудные минералы вначале гидратизируются, а затем выносятся из породы. В очень небольших количествах в таких породах нами встречен ярозит.

Весьма важным обстоятельством является сопряжение процессов выщелачивания железа из верхних горизонтов с интенсивными процессами сидеритизации железистых пород в нижних горизонтах и в лежачем боку саксаганской свиты.

В качестве примеров такой сопряженности процессов выноса железа и сидеритизации железистых пород лежачего бока можно привести первый и второй железистые горизонты на простирании рудников им. Дзержинского и им. Кирова. Указанные железистые породы дают хорошие естественные обнажения в долине реки Саксагань. Там они представлены краснополосчатыми магнетито-гематитовыми роговиками (джеспилитами). На глубинах 100—200 м эти породы вскрыты рядом скважин и главными квершлагами шахт «Коммунар» и «Гигант». На указанных глубинах породы интенсивно сидеритизированы. В карьере № 11 на руднике им. Кирова в лежачем боку четверного железистого горизонта железистые породы полностью превращены в сидеритовую руду.

Детальные петрогенетические исследования показывают, что сидерит последовательно метасоматически замещает все минералы исходной железистой породы. Последовательность эта выражается в том, что сидерит вначале замещает рудные минералы, затем железистые силикаты и последним замещается кварц.

Кроме того, следует отметить, что в некоторых случаях, в богатых мартито-гематитовых рудах были встречены крупные, в несколько десятков тонн, глыбы, целиком состоящие из сидерита. Такие крупные конкреционные стяжения имели весьма неправильную форму. Сидерит в них развивается метасоматически, замещая богатую мартито-гематитовую руду. Кроме указанных примеров, сидерит наблюдается почти повсеместно в глубоких горизонтах железистых пород.

Все взаимоотношения сидерита с другими минералами железистых пород свидетельствуют о его более позднем образовании, чем минералы первой фазы метаморфизма. Процессы сидеритизации мы рассматриваем как процессы цементационные, связанные с выносом железа из верхних горизонтов железистых пород под воздействием кислых растворов. Такие процессы, как известно, имеют место во всех осадочных месторождениях железных руд (керченские месторождения и др.). Всюду они являются результатом гипергенных воздействий на первично осадочные железистые породы.

Таким образом, все процессы, связанные с переходом магнетито-гематитовых роговиков в богатую мартито-гематитовую руду, являются типично гипергенными.

Метасоматическое замещение кварца роговиков группой минералов монтмориллонит-бейделлит-каолинита, как замещение типично гипергенным комплексом минералов в процессе сидеритизации и выноса рудных минералов из верхних горизонтов железистых пород, представляет стройный, последовательно развивающийся комплекс гипергенных процессов.

Процессы мартитизации магнетита при переходе роговика в богатую руду являются также заведомо гипергенными процессами. Это прекрасно подтверждается тем, что при современном эрозионном срезе мы наблюдаем резкое снижение количества магнетита в верхних горизонтах и закономерное его увеличение с глубиной. Это заставляет в эксплуатационных карьерах снимать верхние горизонты железистых пород как сырья, не поддающегося магнитному обогащению. Глубина современной зоны окисления 40—60 м. Ю. Г. Гершойг пишет: «Характер процессов мартитизации в нашем районе как нельзя лучше доказывает экзогенное их происхождение; наиболее интенсивная мартитизация в верхних горизонтах, с глубиной она резко падает, на глубине 70—90 м мартитизация уже незначительна, а на глубине 130—150 м исчезает вовсе» [4].

Из таблицы, составленной Ю. Г. Гершойгом по скважине № 1165, видно, что до глубины 65 м содержание магнетита колеблется в пределах от 5 до 29%, с глубины 65 до 88,0 м содержание магнетита резко поднимается до 80—95%, и с глубины 93 м мартитизация затухает совершенно.

При оценке мартитизации богатых руд нужно принять во внимание, что рудные залежи являются зонами активной циркуляции вадозных вод.

Таким образом, весь комплекс процессов, сопряженных с переходом магнетито-гематитовых роговиков (джеспилитов) в мартито-гематитовую руду, от выноса кварца, частично его метасоматического замещения комплексом минералов группы монтмориллонит-бейделлит-каолинита до процессов мартитизации магнетита, характерен для типично гипергенных процессов.

Формы рудных тел зависят как от тектонической подготовки железистых пород, которая проходила в период первой тектонической фазы, так и от более поздней тектоники, которая деформировала уже готовые рудные тела. Дальше мы рассмотрим процессы образования гидрогематито-гетитовых «красковых» руд. Исследование условий образования «красковых» руд является одной из самых сложных проблем, связанных с выяснением генезиса богатых руд.

Сложность исследований по генезису «красковых» руд связывается с большой дисперсностью минералов, слагающих эти руды, что, естественно, осложняет выяснение как минерального их состава, так и последовательности его образования.

Процессы окраскования, в результате которых образуются «красковые» руды, весьма распространены в криворожских железистых породах, но были изучены недостаточно. Это видно из того, что минеральный состав «красковых» руд до сих пор являлся спорным.

Так, Ю. Г. Гершойг считает, что хотя «красковые» руды Криворожья представляют собой сложное полиминеральное образование, главным их рудным минералом является весьма мелкодисперсная окись железа, находящаяся в тесной смеси с глинистым веществом. Индивидуализированные рудные минералы представлены, с одной стороны, гематитом и мартитом (с остатками магнетита), с другой — окислами в виде гетита и бурых железняков. Гидрогематит или отсутствует полностью или уча-

стие его в составе «красковых» руд незначительно. Ю. Г. Гершойг делает вывод, что нет оснований называть охарактеризованные руды гидрогематитовыми.

Что понимает Ю. Г. Гершойг под мелкодисперсной окисью железа, находящейся в тесной связи с глинистым веществом, остается неясным, несмотря на то, что, по его словам, эта дисперсная окись железа является главным минералом «красковых» руд.

Я. Н. Белевцев считает, что принятое в Кривом Роге до настоящего времени название гидрогематит является сборным и включает в себя тонкокристаллический гематит, глинистый гидрогематит, гидрогетит и так называемый турьит.

Дисперсная разность гематита, по мнению Я. Н. Белевцева, образовалась вследствие замещения окислами железа кварца роговиковых прослоев, хлоритов и амфиболов в сланце. Он считает, что в сланцах и сланцевых прослоях дисперсный гематит образуется благодаря привносу железа растворами с одновременным разложением железистых хлоритов и амфиболов с образованием гидрогетита и глинистого вещества.

Какой-либо расшифровки процесса метасоматического замещения кварца тонкодисперсным гематитом Я. Н. Белевцев не дает и его выводы строятся на макроскопических наблюдениях пород, подвергающихся процессам окрасковання.

Наши петрогенетические исследования позволяют нам выделить в образовании «красковых» руд три стадии, характеризующиеся последовательным изменением минерального состава хлоритовых, амфиболовых и аспидно-хлоритовых сланцев, за счет которых они возникают.

Первая мусковито-магнетитовая стадия образования «красковых» руд заключается в том, что все железистые силикаты исходных хлоритовых, амфиболовых и аспидно-хлоритовых сланцев последовательно замещаются светлой слюдой. Синтез светлой слюды происходит как результат перестройки кристаллической решетки исходного силиката. Процесс замещения светлой слюдой фиксируется ступенчатым изменением интенсивности плеохроизма исходных амфиболов и биотита. Такие изменения мы рассматриваем как мутабильные изменения силикатов.

Весьма характерно то, что по мере замещения железистого силиката светлой слюдой происходит сбрасывание окислов железа в форме пылевидных выделений магнетита, густо покрывающих контуры исходного железистого силиката. Принадлежность выделяющихся рудных зерен к магнетиту подтверждается тем, что при таком малом размере ($<0{,}001$ мм) они совершенно не просвечивают; при дальнейшем ходе процесса они переходят в гематит и просвечивают вишнево-красным цветом.

Первая мусковито-магнетитовая стадия не сопровождается заметным изменением облика исходной железистой породы.

Мусковито-магнетитовая стадия проявляется почти повсеместно, как в породах среднего отдела, так и в породах аркозо-филлитовой толщи.

Мусковито-магнетитовая стадия процессов окрасковання происходит в щелочной обстановке, что подтверждается как развитием мусковита, так и иммобильностью магнетита, который на этой стадии накапливается в железистых породах.

Вторая стадия процессов окрасковання, которую мы называем каолинито-гидрогематитовой, характеризуется тем, что светлая слюда метасоматически замещается монтмориллонитом, бейделлитом, и каолинитом, а магнетит переходит в гематит и гидрогематит.

На этой стадии железистые силикатные роговики и сланцы получают ясно выраженную пигментацию, которая и оценивается геологами Кривого Рога как результат процесса окрашивания.

Измерения показателей преломления бейделлита и монтмориллонита иммерсионным методом дали такие результаты:

монтмориллонит Ng — 1,517 и Np — 1,503;
бейделлит Ng — 1,532 и Np — 1,501.

В одной из «красковых» руд встречен галлуазит с показателем преломления Nm — 1,542.

Каолинит, широко распространенный в «красковых» рудах, имеет Ng — 1,561 и Np — 1,556.

Кроме того, минеральный состав «красковых» руд этой стадии изучался методами термического и рентгеноскопического анализов. Термические исследования показывают полное отсутствие гетита и гидрогетита. На термограммах отчетливо фиксируются эффекты каолинита. Эффекты монтмориллонита-бейделлита фиксируются весьма слабо, что отражает незначительное содержание этих минералов в руде.

Рентгеноскопические исследования «красковых» руд второй стадии подтвердили присутствие в руде гематита, который мы на основе детальных химических анализов расценивали как гидрогематит с содержанием воды до 1,5—2,0%. В то же время рентгеноскопические исследования и термический анализ показали отсутствие гетита. Из нерудных минералов устанавливается мусковит, каолинит и кварц. Минералы группы монтмориллонита, бейделлита рентгеноскопически не выявляются. Монтмориллонит и бейделлит могут быть установлены рентгеноскопически в том случае, когда их содержание в породе превосходит 15%. В связи с тем, что содержание монтмориллонита и бейделлита в «красковых» рудах явно меньше 15%, их диагностика была проведена оптическими методами с определением показателей преломления в иммерсии.

Таким образом, «красковые» руды на второй стадии формирования приобретают минералогический состав, свидетельствующий о дальнейшем последовательном разложении первичных силикатов под воздействием щелочных гипергенных растворов. Парагенезис минералов полностью оправдывает стадийность разложения силикатов, установленную И. И. Гинзбургом.

Это видно из того, что мусковит, возникающий на первой стадии, замещается монтмориллонитом, бейделлитом и галлуазитом.

Каолинит, замещающий силикаты щелочного ряда, возникает в результате смены щелочной среды на кислую. Это, по нашему мнению, результат того, что при процессах выноса кварца, которые идут по реакции

$$Na_2CO_3 + SiO_2 + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2CO_3,$$

может наступить момент, когда привнос щелочи со стороны вмещающих пород не будет в состоянии компенсировать расход ее на растворение кварца. В этом случае H_2CO_3 не будет нейтрализоваться, что и приведет к изменению щелочной среды на кислую. Совершенно естественно ожидать, что изменение среды будет происходить на завершающем этапе гипергенных воздействий, когда вышележащая толща пород за счет промывки ее гипергенными растворами будет давать меньшее количество щелочей на пути миграции, чем в начальные периоды.

Дальнейшее изменение «красковых» руд, получивших на второй стадии каолинито-гидрогематитовый состав, заключается в том, что каолинит из руды почти полностью выносится, а гидрогематит за счет гидратации превращается в гетит и гидрогетит. Это вполне закономерное изменение минерального состава приводит к тому, что на третьей стадии «красковая» руда приобретает гидрогематито-гетитовый минеральный состав.

Для развития процессов, характерных для третьей стадии, необходимым дополнительным условием является брекчирование «красковых» руд, которое возникает под воздействием тектонических процессов.

В результате брекчирования «красковых» руд создаются благоприятные условия для миграции щелочных гипергенных растворов, приводящих к почти полному выносу каолинита, реликтов кварца и дальнейшей гидратации окислов железа.

Щелочной характер гипергенных растворов подтверждается не только выносом остатков кварца и каолинита, но и тем, что часть каолинита разрушается с образованием гидраргиллита. Несмотря на то, что содержание гидраргиллита в гидрогематито-гетитовой «красковой» руде весьма незначительно и является спорадическим, оптические исследования выявляют гидраргиллит в отдельных образцах руды.

Характерно, что на каолинито-гидрогематитовой стадии гидраргиллит не обнаруживается. Кроме этого, щелочной характер гипергенных растворов подтверждается образованием типичных метаколлоидных структур, возникающих за счет процессов гидратации окислов железа в «красковых» рудах на третьей стадии их образования.

Микроскопические наблюдения дают возможность наблюдать постепенное развитие метаколлоидных структур. На первых этапах перехода гидрогематита в гетит в породе появляются очень мелкие (до 0,01 мм) изолированные сферолиты гетита, имеющие концентрически лучистую структуру. По мере перехода гидрогематита в гетит число и размер сферолитов увеличиваются.

В пределе своего развития сферолиты гетита сливаются и образуют типично метаколлоидную структуру. На полированных шлифах отчетливо видно, что на стадии образования метаколлоидных структур появляются минералы и более богатые водой, чем гетит, которые развиваются за счет гетита.

Мы считаем, что образование метаколлоидных структур является следствием процессов пептизации окислов железа, происходящих под влиянием их гидратации. Хорошо известно, что коллоидные растворы гидроокислов железа могут формироваться только в щелочной среде. Хорошо известно так же, что наиболее гидратизированные окислы железа (типа ксантосидерита) образуют чаще всего тонкодисперсные агрегаты. Мы считаем, что дисперсность гидратизирующихся окислов железа не случайна, а является следствием последовательно растущей их гидратации.

По мере развития метаколлоидных структур количество гидрогематита в руде уменьшается, но почти в каждой руде гетитового состава гидрогематит присутствует как реликт второй стадии процесса образования «красковых» руд.

В химическом отношении процесс образования «красковых» руд можно проследить по сопоставлению анализов исходных аспидно-хлоритовых сланцев с окрашенными сланцами и «красковыми» рудами (табл. 6).

Таблица 6

Компоненты	Аспидно-хлоритовые сланцы	Окрашованные сланцы	„Красковые" руды	Примечание
	(в процентах)			
SiO_2	57,19	34,73	5,63	
Al_2O_3	20,01	21,09	4,08	Анализ сланцев — среднее из 11 определений
Fe_2O_3 рудн	6,95	33,99	85,63	
FeO рудн	4,55	1,47	0,59	
FeO силик	1,31	—	—	
Fe общ	9,14	24,93	60,42	
CaO	0,47	0,36	0,23	Анализ окрашованных сланцев — среднее из 7 определений
MgO	1,16	0,28	0,15	
MnO	0,03	0,03	0,07	
TiO_2	0,10	—	—	
As	0,004	—	—	
P_2O_5	0,102	0,091	0,216	Анализ „красковых" руд — среднее из 18 определений
S	0,340	—	—	
C	0,51	—	—	
CO_2	0,24	—	—	
$K_2O + Na_2O$	3,01	—	—	
$-H_2O$	0,23	0,37	0,56	
$+H_2O$	4,13	6,63	3,17	
П. п. п.	2,52	1,41	0,78	

Типично гидрогематито-гетитовыми рудами являются залежи брекчированных «красковых» руд, приуроченных к западному борту синклинальной складки второго Саксаганского пласта (Западные параллельные залежи). Среднее содержание железа в них равно 63% (шахта «Гигант», Рудоуправление им. Дзержинского).

Типично каолинито-гидрогематитовыми рудами являются залежи «красковых» руд, связанные с четвертым сланцевым горизонтом восточного борта складки второго Саксаганского пласта. Среднее содержание железа в них 55% (шахта «Гигант», Рудоуправление им. Дзержинского).

Характерно, что сланцевый горизонт западного борта складки полностью оруденевает, а в восточном борту имеются все переходы от свежих к слабо окрашованным сланцам и к каолинито-гидрогематитовым рудам. Кроме того, отчетливо заметно, что «красковые» руды западного борта интенсивно брекчированы, а по восточному борту наблюдаются лишь мелкие надвиговые подвижки. В отдельных прослойках «красковых» руд восточного борта, где надвиговые подвижки приводили к частичному брекчированию руд, отчетливо развиваются изолированные стяжения гетита, явно более позднего происхождения.

Все эти факты не оставляют сомнения в том, что переход каолинито-гидрогематитовых руд в гидрогематитово-гетитовые является процессом более поздним, идущим в меру брекчирования «красковых» руд за счет более поздних тектонических воздействий. Таким образом, гидрогематито-гетитовые и каолинито-гидрогематитовые руды не являются синхроничными образованиями и связаны естественной последовательностью их формирования.

В том случае, когда среди сланцевых прослоев наблюдаются роговиковые прослои, то они оруденевают в меру того, насколько они содержат карбонаты и силикаты железа. В Кривом Роге укоренилось мнение, что роговиковые прослои в сланцах являются безрудными. Наши исследования показывают, что роговиковые прослои в сланцах всегда содержат железо.

Нами были исследованы прослои роговиков в сланцах по рудникам им. Дзержинского, Кирова и Фрунзе; при этом оказалось, что содержание железа в них колеблется от 13,8 до 26,1%.

В сильно измененных процессами вторичного окварцевания роговиковых прослоях среднее содержание железа оказалось равным 8,73%. Таким образом, безрудные роговики по содержанию железа оказались более богатыми, чем вмещающие их сланцы. Поэтому естественно, что при процессах воздействия щелочных растворов роговиковые прослои за счет выноса кварца переходят в гидрогематитовую, а позже и в гетитовую руду.

Считаем необходимым подчеркнуть, что наши петрогенетические исследования совершенно не выявляют каких-либо метасоматических процессов тонкодисперсного гематита по кварцу, как это указывает Я. Н. Белевцев.

Наши исследования не только исключают такой процесс, как не имеющий места в образовании «красковых руд», но и позволяют утверждать, что он вообще невозможен в природе.

Сопоставляя средние химические анализы аспидно-хлоритовых и амфиболовых сланцев с окрасованными сланцами и «красковыми» рудами, мы убеждаемся в значительной миграции наряду с кварцем и глинозема. Так, среднее содержание Al_2O_3 в свежих сланцах — 20,01%; в окрасованных сланцах — 21,09%, а в «красковых» рудах — 4,08%.

Такое резкое снижение глинозема в «красковых» рудах весьма просто объясняется тем, что глинозем, как и кварц, легко мигрирует в щелочной среде. Устойчивая щелочная среда гипергенных растворов переводит глинозем в алюминаты, которые мигрируют за пределы контура окрасования. Указанные выше анализы свидетельствуют еще и о том, что вынос глинозема происходит на последних этапах формирования «красковых» руд. Это видно из того, что в окрасованных сланцах, при значительном снижении кварца (с 57,19% в свежих сланцах до 34,73% в окрасованных сланцах), содержание Al_2O_3 не уменьшается (21,09%). И только уже в «красковой» руде содержание глинозема резко снижается до 4,08%. Содержание кремнезема одновременно снижается до 5,63%.

Таким образом, устойчивая щелочная среда, обусловливая возможность миграции глинозема, приводит вместе с тем и к разделению глинозема и окислов железа в гипергенных условиях.

Исследуя процессы образования «красковых» руд и устанавливая естественную стадийность их образования, мы считаем необходимым подчеркнуть, что какой-либо миграции железа при образовании «красковых» руд не происходит. Таким образом, по нашему мнению, накопление железа в «красковых» рудах является следствием метасоматического типа обогащения.

В связи с этим особое значение приобретает сравнительное исследование удельных, объемных весов и пористости исходных пород и «красковых» руд.

Определение объемных, удельных весов и пористости аспидно-хлоритовых сланцев по третьему и четвертому горизонтам дало результаты, приведенные в табл. 7.

Результаты массового определения объемных и удельных весов и пористости «красковых» руд по разным рудникам бассейна сведены в табл. 8.

В качестве промежуточного образования были исследованы окрасованные сланцы шахты «Гигант». Результаты исследования показали, что при объемном весе 2,69 и удельном весе 3,07 пористость окрасованного сланца равна 14,77%.

Таблица 7

№ пробы	Название породы	Место взятия пробы	Объемный вес	Удельный вес	Пористость
1314	Аспидно-хлоритовый сланец	Шахта „Гигант" горизонт 220 м	2,63	2,81	6,41
2414	То же	Рудоуправление им. Кирова, горизонт 326 м	2,67	2,80	3,46
2417а	„	Рудоуправление им. Фрунзе шахта 3.	2,69	2,81	4,27
			2,68	2,81	4,77

Таким образом, пористость растет с 4,77% в аспидно-хлоритовых сланцах до 21,9% в «красковых» рудах. Максимальная пористость «красковых» руд 34,1%.

Таблица 8

Название рудника	Число определений	Объемный вес	Удельный вес	Пористость в %
Шахта № 10	109	2,87	3,35	14,3
„ „1 мая"	26	3,24	4,28	22,7
„ „Гигант"	66	3,18	3,89	18,3
„ „Гигант"	13	3,12	3,81	18,1
„ „Коммунар"	22	2,99	3,92	29,7
„	14	2,79	3,59	22,3
Рудоуправление им. Кирова . . .	21	3,27	4,26	23,2
„ им. Либкнехта .	13	3,04	4,16	26,9
„ им. Коминтерна .	79	3,40	—	26,0
„ им. Орджоникидзе	5	3,60	—	24,0
Итого	368	3,15	3,90	21,9

Не остается сомнения в том, что такое резкое увеличение пористости является результатом разрушения силикатов с одновременным выносом кремнезема и глинозема. Изменение содержания кремнезема происходит от 57,2% (среднее содержание кремнезема в аспидно-хлоритовых сланцах) до 5,6% (среднее содержание кремнезема в «красковых» рудах). Содержание глинозема изменяется от 20,01% (среднее содержание в свежих аспидно-хлоритовых сланцах) до 4,08% в «красковых» рудах.

Окрашенные сланцы, как и следовало ожидать, занимают промежуточное положение по содержанию кремнезема. Анализ окрашенного сланца шахты «Гигант» показал содержание кремнезема, равное 36,9%.

Предварительные подсчеты теоретической пористости, которой должны были обладать «красковые» руды, возникшие за счет аспидно-хлоритовых сланцев, показывают, что современная пористость «красковых» руд в два-три раза меньше теоретической. Такое несоответствие пористости фактической и теоретической является следствием сжатия оруденевшей толщи под воздействием более поздних тектонических процессов.

Явления последующего сжатия отчетливо проявляются и в зонах мартито-гематитовых руд и поэтому сжатие «красковых» руд не вызывает сомнения.

Таким образом, в результате воздействия гипергенных процессов в зоне окисления высокоподнятых над уровнем моря аспидно-хлоритовых сланцев, имевших в среднем 9—10% железа, возникли «красковые» руды с содержанием 55—63% железа.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что формирование «красковых» руд, по нашему мнению, происходило после первой фазы тектонических процессов, в отличной от современных условий тектонической обстановке.

В последующее историческое существование «красковые» руды подверглись повторным воздействиям гипергенных процессов. Результатом этих воздействий явилось некоторое изменение минерального состава «красковых» руд. Так, в «красковых» рудах появились явно более поздние эпигенетические карбонаты и гетиты. Но все последующие изменения «красковых» руд имеют узко локальный характер и сколько-нибудь существенного значения не имеют.

Следующим типом руд являются мартито-гидрогематитовые руды, возникающие в результате оруденения силикатных роговиков. Процессы оруденения силикатных роговиков ничем не отличаются от процессов образования мартито-гематитовых и «красковых» руд.

Это достаточно хорошо подтверждается сопоставлением приведенных в табл. 9 данных о химическом составе силикатных роговиков и мартито-гидрогематитовых руд (в %).

Таблица 9

Компоненты	Силикатные роговики	Мартито-гидрогематитовые руды	Примечание
SiO_2	49,92	4,27	Силикатные роговики — среднее из 28 анализов
Al_2O_3	2,24	2,16	
$Fe_2O_{3\,руд}$	32,94	90,34	
$FeO_{руд}$	8,3	1,16	
$FeO_{силик}$	2,31	—	Среднее по рудам—из 17 определений
$Fe_{общ}$	30,79	64,05	
CaO	0,52	0,21	
MgO	0,93	0,12	
MnO	0,04	0,02	
TiO_2	0,027	Не определялось	
As	0,003	То же	
P_2O_5	0,080	0,93	
S	0,054	Не определялось	
C	0,08	То же	
CO_2	2,23	0,45	
$K_2O + Na_2O$	0,16	Не определялось	
H_2O	0,08	0,15	
$+H_2O$	1,23	1,27	
П. п. п.	1,54	1,52	

Как видно из таблицы, при процессах оруденения из силикатных роговиков выносится кварц, уменьшается содержание FeO за счет мартитизации и частично выносится глинозем.

Эти процессы, как и в других типах руд, приводят к изменению удельных и объемных весов и пористости; изменения идут вместе с ростом содержания железа в руде. Указанные данные приведены в табл. 10.

Таблица 10

Название пород	Удельный вес	Объемный вес	Пористость в %	Содержание железа в %
Силикатный роговик (среднее из 19 определений)	3,31	3,15	3,74	28,86
Силикатный роговик частично оруденевший (среднее из 11 определений)	3,56	3,20	14,5	39,19
Мартито-гидрогематитовая руда (среднее из 20 определений)	4,70	3,90	17,9	65,05

Как видно из табл. 10, вместе с ростом пористости и ростом удельного и объемного весов растет и содержание железа. Точно так же, как и в магнетито-гематитовых роговиках, при гипергенных процессах в силикатных роговиках местами проявляются воздействия кислых растворов. Воздействия кислых растворов приводят к выносу рудных минералов, уменьшению удельных и объемных весов при увеличивающейся пористости. Указанные соотношения видны из данных табл. 11.

Таблица 11

Название породы	Удельный вес	Объемный вес	Пористость в %	Содержание железа в %	Примечание
Силикатный роговик .	3,31	3,15	3,74	28,86	Среднее из 19 определений
Силикатные роговики с частичным выносом железа	2,89	2,61	9,7	13,87	Среднее из 3 определений

Таким образом, и при образовании мартито-гидрогематитовых руд проявляются как воздействие щелочных растворов, так и воздействие кислых растворов, как это было выявлено нами при образовании мартито-гематитовых и красковых руд.

Это достаточно убедительно свидетельствует о том, что образование всех трех типов руд Криворожского месторождения обязано одним и тем же процессам. Различие в рудах возникло в результате различия в исходных породах, за счет которых формировались богатые руды.

ВЫВОДЫ

1. Богатые руды Кривого Рога возникли за счет гипергенных процессов, имевших место в период после первой фазы метаморфизма.

2. Богатые руды представляют собой зону окисления, которая формировалась в условиях слабо дислоцированных железистых пород, высоко поднятых над уровнем моря.

Эти условия обеспечивали односторонний вынос кремнезема и глинозема из зоны инфильтрации гипергенных растворов.

3. В результате воздействия гипергенных растворов в разложении силикатов наблюдается определенная стадийность, образующая следующий ряд минералов: биотит — мусковит — монтмориллонит — бейделлит — галлуазит — гидраргиллит.

Рудные минералы изменяются в такой последовательности: магнетит — мартит — гидрогематит — гетит — гидрогетит.

Переход магнетита в гематит и гидрогематита в гетит совершается через коллоидную стадию. Это заметно при переходе магнетита в мартит, но отчетливо фиксируется при переходе гидрогематита в гетит.

Указанная последовательность изменений первичных минералов железистых пород достаточно фиксирует гипергенный характер растворов, воздействовавших на железистые породы в период формирования богатых руд.

4. Отчетливо проявляются воздействия кислых гипергенных растворов, приводящих к выносу железа из железистых пород. Воздействия кислых гипергенных растворов, несомненно, являются более поздними.

5. Железо в период образования богатых руд было не способным к миграции.

6. На более поздних стадиях исторического существования, за счет воздействия кислых растворов, образуется зона цементации по железу, представленная сидеритизированными породами.

7. Все железистые породы Саксаганской полосы, подвергшиеся оруденению, выявляют одни и те же процессы воздействия гипергенных щелочных растворов, в результате различие в богатых рудах определяется различием в исходных железистых породах (мартито-гематитовые руды возникают за счет магнетито-гематитовых роговиков, мартито-гидрогематитовые руды — за счет силикатных роговиков и «красковые» руды — за счет аспидно-хлоритовых сланцев).

8. Процесс образования богатых рудных тел сопровождается последующим сжатием рудоносных зон, за счет которого образовались так называемые рудные складки и уменьшилась пористость руд.

9. Локализация рудных тел в железистых породах отражает распределение зон слабости и повышенной трещиноватости, созданных первой фазой тектонических процессов. Слепые залежи следует расценивать с позиции первой тектонической фазы, а не с позиций современных тектонических условий.

10. Формы рудных тел отражают как дорудную тектонику, так и тектонику более позднюю, деформировавшую образовавшиеся после первой фазы тела богатых руд и железистые породы.

11. Железные руды и железистые породы представляют многофазное образование, так как на них накладывались по крайней мере дважды контактово-метаморфические процессы и гипергенные процессы нескольких генераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Рудные поля и соображения о генезисе железных руд Криворожского бассейна. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 2.
2. Белевцев Я. Н. Минерал гидрогематит и его роль в рудообразовании Кривого Рога. Геол. журн. АН УССР, 1951, № 4.
3. Белевцев Я. Н. Происхождение железных руд Саксаганского района Кривого Рога. Геол. журн., 1953, т. 13, в. 3.
4. Гершойг Ю. Г. Химико-минералогическая и техно-петрографическая характеристика железорудных пород участка № 2 (Первомайского). Фонды НИГРИ. Кривой Рог, 1949.
5. Котляр В. Н. О магматизме Кривого Рога и его значении в формировании железорудных месторождений. Геология и горное дело. Сб. научных трудов Моск. ин-та цветных металлов и золота. 1952, № 21.
6. Котляр В. Н. О тектонических фазах Кривого Рога. Геология и горное дело. Сб. научных трудов. Моск. ин-та цветных металлов и золота. 1952, № 21.
7. Котляр В. Н. О генезисе железных руд Кривого Рога. Горн. журн., 1953, № 12.
8. Мартыненко Л. И. Генезис железистых пород и руд Кривого Рога. Изд. Червона Буковина. Черновцы. 1949.

9. Мартыненко Л. И. К вопросу об образовании богатых руд Кривого Рога. Учен. зап. Черновицкого гос. университета, т. 8, в. 2, 1950.
10. Семененко Н. П. Структуры рудных полей криворожских железорудных месторождений, т. 1, Изд. АН УССР, 1946.
11. Танатар И. И. Геохимическая характеристика Большого Кривого Рога в связи с вопросом генезиса его руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1938, № 5—6.
12. Точилин М. С. Некоторые соображения о генезисе богатых руд криворожского типа. Геол. журн., 1953, т. 13, в. 4.
13. Фукс Э. К., Половинкина Ю. И. и др. Железорудные месторождения Кривого Рога. Гостехиздат, 1932.

Г. В. ТОХТУЕВ

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КРИВОРОЖСКОГО БАССЕЙНА

Железные руды Криворожского бассейна представлены тремя основными минералогическими типами.

1. Мартитовые руды («синьки»), состоящие в основном из мартита, кварца и небольшого количества каолинита. Характерны тонкополосчатой текстурой, высокой пористостью и сравнительно низкой крепостью, иногда они совершенно рыхлые (сыпучие). Эти руды являются наиболее распространенными в бассейне, слагая основной рудоносный район—Саксаганскую полосу.

2. Гематито-гидрогематитовые руды («краски») состоят из тонкодисперсного гематита, гидрогематита, гидрогетита, гетита, кварца и глинистого вещества. Текстура их благодаря своему происхождению за счет оруденения сланцев сланцеватая. Эти руды имеют подчиненное значение, распространены в основном также в Саксаганской полосе.

3. Магетитовые руды характеризуются преобладанием магнетита в своем составе, массивной, реже полосчатой текстурой. Обычно содержат в различных количествах щелочные амфиболы, эгирин, натриевые полевые шпаты, биотит, карбонаты и хлорит. В количественном отношении не имеют большего значения. Распространены эти руды в северной и южной частях бассейна. В пределах Саксаганской полосы известны в породах глубокого лежачего бока в виде жильных образований, не имеющих промышленного значения (мощность до 1 м).

Кроме перечисленных основных минералогических типов, имеются промежуточные разности, как, например, гематито-гидрогематито-мартитовые руды («краско-синьки»), мартито-магнетитовые и другие.

Следует упомянуть еще о рудах бурожелезнякового типа, имеющих совершенно незначительное локальное распространение. Они обычно связаны с комплексом нижнетретичных осадочных образований, но в некоторых участках имеют характер остаточных образований в виде коры выветривания докембрийских кристаллических пород. В последнем случае основным рудным минералом является гидрогематит, наряду со значительным количеством минералов группы гидроокиси алюминия.

Ограничившись этой весьма краткой и общей характеристикой минералогических типов железных руд Криворожского бассейна, перейдем к вопросу о их генезисе.

Генезис криворожских железных руд является до настоящего времени спорным вопросом.

С момента открытия месторождений по сегодняшний день различными исследователями выдвинуто свыше десятка разнообразных генетических «теорий», объясняющих условия и механизм образования криворожских руд.

Но ни одна из них не может удовлетворительно объяснить всего разнообразия процессов и явлений, оставивших свои следы и прямо или косвенно способствовавших образованию одного из крупнейших железорудных месторождений в мире.

Основным недостатком любой из имеющихся генетических теорий является стремление положить в основу рудообразования один какой-либо генетический процесс и им одним объяснить формирование рудных залежей различных минералогических типов.

Можно выделить следующие основные группы генетических теорий.

1. Теория первично-осадочного генезиса богатых руд (С. Конткевич, П. П. Пятницкий и др.).

2. Теория метаморфического образования богатых руд (Прендель, П. П. Пятницкий, П. М. Каниболоцкий и др.).

3. Теория гидротермально-метасоматического и гидротермального образования руд (группа геологов бывшего Геологического комитета Н. П. Семененко, Я. Н. Белевцев, Ю. Г. Гершойг и др.).

4. Инъекционно-магматическая, позднее—пневматогидратогенная теория (И. И. Танатар).

5. Теория гипергенного генезиса руд (Л. И. Мартыненко и др.).

6. Биогенная теория (Л. С. Берг).

Рассмотрим сущность каждой из перечисленных теорий и отметим основные их недостатки.

Теория первично-осадочного образования богатых руд детально разработана П. П. Пятницким [15]. Он рассматривает богатые руды как химические осадки, образовавшиеся одновременно с железистыми породами района. Характерными признаками подобного происхождения П. П. Пятницкий считает некластичность кварцевых зерен, тонкую полосчатость и присутствие в кварцевых зернах мельчайших частиц гематита.

Источником образования кварцево-железистых осадков являлись, по мнению П. П. Пятницкого, архейские гнейсы, которые при разложении давали громадные массы железа, переносимые углекислыми водами и отлагавшиеся в морских бассейнах.

Теория первично-осадочного генезиса руд во многом противоречит наблюдаемым фактам. Отметим следующие из них.

1. Развитие открытой складчатости в рудных залежах совершенно не вяжется с представлением об осадочном происхождении последних. Как известно, складчатые структуры Кривого Рога формировались в течение нескольких самостоятельных тектонических фаз. В первую фазу тектогенеза сформировались складки сжатого изоклинального типа, в последующие фазы образовалась открытая складчатость. Следовательно, при сингенетичности богатых руд и вмещающих железистых пород рудные залежи подверглись бы в первую фазу интенсивной изоклинальной складчатости как наиболее пластичные образования среди существенно кварцевых железистых кварцитов. В действительности мы имеем обратную картину: железистые кварциты характерны развитием закрытой изоклинальной складчатости, тогда как рудным залежам свойственна открытая, пологая складчатость. Отсюда можно сделать достаточно обоснованный вывод, что железные руды во время проявления первой фазы тектогенеза еще не существовали.

2. Осадочному генезису противоречат метасоматические, трещинные и тектонические контакты рудных залежей, а также морфология последних. Необъяснимыми с точки зрения осадочного генезиса являются вертикальные контакты рудных тел по зонам микроскладчатости и трещинам отдельности, при ясно выраженной слоистости, продолжающейся из рудного тела во вмещающие железистые кварциты. Точно так же необъяс-

нима приуроченность оруденения к тектоническим контактам и постепенное затухание рудопроявления по мере удаления от зоны смещения. Наиболее часто встречающаяся столбообразная форма рудных тел не находит себе аналогов среди осадочных образований.

3. Рудные залежи обычно приурочены к складчатым структурам, которые характеризуются определенными закономерностями в пространственном расположении. Подобная связь оруденения со структурными формами вряд ли могла существовать при осадочном генезисе рудных тел, так как предполагать закономерное расположение последних в процессе осаждения нет ни малейших оснований.

4. Осадочный процесс обычно не дает накопления химически чистых масс железных руд. Все известные крупные железорудные месторождения осадочного типа характерны рудами невысокого качества вследствие совместного осаждения рудных и нерудных минералов (глинистые, силикатные, кварцевые, карбонатные и другие примеси). Даже, если учесть специфичность докембрийского осадконакопления, то и в этом случае наличие богатых руд среди широко распространенных на земном шаре железистых кварцитов будет не правилом, а исключением, которое всегда может быть объяснено наложением каких-либо иных генетических процессов.

Как видно из изложенного, теория осадочного генезиса криворожских руд не в состоянии объяснить многих наблюдаемых фактов. Весьма показательно то обстоятельство, что даже П. П. Пятницкий, детально разработавший и обосновавший эту теорию, в позднейших своих работах отказался от нее.

Теория метаморфического генезиса криворожских руд разработана так же П. П. Пятницким в позднейших его работах [16]. Сущность высказываемых им взглядов заключается в следующем.

Метаморфические воды, циркулировавшие в докембрийских кристаллических породах, всегда содержали некоторое количество магния, извлеченного из амфиболовых, хлоритовых и других сланцев. Эти растворы были способны извлекать из железистых кварцитов кремнекислоту, вследствие чего последние делались пористыми, кавернозными и более богатыми железом. В то же время углекислота, всегда присутствующая в растворах, извлекает железо из сидерита и различных силикатов, перенося его в виде двууглекислой закисной соли. Попадая в пористые железистые породы, последняя теряет полусвязанную CO_2, вследствие уменьшения давления, и в виде сидерита заполняет в породе пустоту, образовавшуюся при выносе SiO_2. В дальнейшем подобные обогащенные участки подвергались окислению (сидерит переходил сначала в магнетит, а затем в гематит), постепенно приобретая современный облик рудных залежей бассейна.

Еще большее значение процессам метаморфизма придавал П. М. Каниболоцкий [11], который считал метаморфические воды основным фактором высоких концентраций железа.

Не имея в виду умалить значение метаморфических процессов в перераспределении и концентрации железа, мы должны отметить недостаточность аргументации в пользу метаморфической теории и отсутствие конкретного фактического материала, подтверждающего ее. Нужно отметить, что этот вопрос еще не достаточно изучен, поэтому роль метаморфизма в рудообразовании не ясна.

Основным возражением против метаморфической теории является соображение, что метаморфические воды должны были образоваться в первую фазу тектогенеза, которая еще не создала благоприятных усло-

вий для рудообразования. Рудные залежи обычно приурочены к структурным формам третьей фазы тектогенеза, структуры же первой фазы, как правило, являются безрудными. Исходя из этого, повидимому, нет оснований придавать большое значение в рудообразовании метаморфическим процессам.

Теория инъекционно-магматического генезиса руд и пород Кривого Рога предложена И. И. Танатаром [20]. Позднее она заменена самим автором на пневмато-гидатогенную [21]. В последнем своем варианте она мало отличается от гидротермально-метасоматической теории, которая будет рассмотрена ниже.

Теория гидротермально-метасоматического и гидротермального генезиса руд поддерживается многими исследователями бассейна.

Первые высказывания о гидротермально-метасоматическом генезисе руд, главным образом северной и южной части бассейна, имеются в работах группы геологов бывшего Геологического комитета [8]. В дальнейшем Н. П. Семененко [17, 18] принимает гидротермальный генезис и для Саксаганской полосы. За последние годы эти взгляды расширены и углублены Я. Н. Белевцевым [1, 2, 3] и Ю. Г. Гершойгом [5] и др.

Согласно гидротермально-метасоматической теории в ее первоначальном виде, богатые железные руды образовались путем выщелачивания кварца из железистых кварцитов и частичного отложения магнетита в результате действия восходящих гидротермальных щелочных растворов. Путями циркуляции последних являлись тектонические зоны пликативных и дизъюнктивных нарушений, образовавшихся после двух тектонических фаз: тангенциальной и радиальной.

Н. П. Семененко [18, 19] детализирует процесс рудообразования с точки зрения тектонической подготовленности пород района для циркуляции рудоносных растворов и увязывает рудообразование с магматизмом. На основании изучения геологической структуры бассейна Н. П. Семененко выделяет четыре фазы тектогенеза и связывает рудообразование с третьей фазой, считая, что первая и вторая тектонические фазы не создали благоприятных структур для циркуляции гидротермальных растворов. Четвертая фаза тектогенеза является пострудной.

Существенно отличной является точка зрения Я. Н. Белевцева [1, 2, 3]. Он приходит к выводу, что гидротермальные растворы в начальной стадии не содержали железа, поэтому их роль сводилась к выщелачиванию и выносу кремнезема (кварца) и окислению магнетита в мартит. При дальнейшей циркуляции, проходя сквозь железистые породы, гидротермы, будучи обогащены кремнеземом, извлекали и уносили железо из железистых пород и отлагали его в виде дисперсного гематита и гидрогематита в силикатных прослойках железистых роговиков и в сланцевых пластах (процесс «окраскования»). Одновременно проходил процесс замещения кварца мелкодисперсным гематитом, весьма широко развитый и наблюдаемый по всей Саксаганской полосе. Гидротермальные процессы шли одновременно с продолжающимся тектоническим сжатием, что приводило к уплотнению руды и образованию открытой складчатости в рудных залежах.

Третьим вариантом гидротермальной теории являются взгляды Ю. Г. Гершойга [5]. Им выделяется 14 этапов формирования Криворожского бассейна, начиная от первичного накопления осадков в протерозое до современных процессов гипергенеза. Образование мартитовых руд он связывает с гидротермальными процессами, проявившимися в третью фазу тектогенеза. Далее им выделяется этап глубинного выветривания, результатом которого является окисление магнетита в мартит, разложе-

ние железистых силикатов с образованием дисперсного гематита, гидрогематита, гетита (процесс «окраскования») и выщелачивания SiO_2; главным фактором при этом выветривании являлись поверхностные воды, проникавшие на большую глубину. Механизм процесса — артезианская циркуляция грунтовых вод по складчатым структурам. Четвертая фаза тектогенеза проявилась после этапа глубинного выветривания и сопровождалась жильными гидротермами.

Гидротермальная теория также не лишена односторонности вследствие стремления объяснить все наблюдаемые явления одним и тем же процессом. Отметим следующие возражения против гидротермальной теории.

1. Развитие района ограничивается этапом проявления докембрийских гидротерм.

2. Весьма мало значения придается всей последующей истории развития района за время его континентального существования от докембрия до нижнетретичной эпохи.

3. Процесс «окраскования» по сопровождающей его минеральной ассоциации (дисперсный гематит, гидрогематит, гидрогетит и гетит) является более характерным для зоны гипергенеза, чем для гидротермальных образований.

Несколько иначе высказывается Ю. Г. Гершойг, который относит «красковые» руды к гипергенным образованиям, что является, повидимому, более вероятным. Однако взгляды Ю. Г. Гершойга также страдают существенными недостатками, из которых отметим следующие.

1. На основании единичных находок пирита, наросшего на лимоните, автор выделяет в схеме петрогенезиса третью фазу жильных гидротерм, которая является весьма проблематичной.

2. Связывая эти гидротермальные (?) проявления с четвертой фазой тектогенеза по Н. П. Семененко, автор ограничивает во времени предыдущий этап глубинного выветривания протерозоем. Так как следующий этап (латеритное выветривание) относится автором к нижнетретичной эпохе, то, таким образом, из схемы петрогенезиса выпадает колоссальный по длительности этап континентального существования района в течение палеозоя и мезозоя.

3. Гипотеза артезианской циркуляции грунтовых вод при глубинном выветривании не может считаться удачной, исходя из общего геологического строения района. Прежде всего в Саксаганской полосе (для которой автор и предлагает главным образом свою гипотезу) отсутствуют такие крупные складчатые структуры, по которым могла бы осуществляться артезианская циркуляция. Как известно, Саксаганская синклиналь деформирована надвигом и является однокрылой складкой, так же как и антиклиналь; следовательно, условий для подобного перемещения грунтовых вод, повидимому, не существовало. Затем для артезианской циркуляции необходимо некоторое превышение одного крыла складчатой структуры над другим, иначе воды имели бы застойный характер. Пенепленизированный рельеф района не дает основания для предположения о существовании такого превышения. Кроме того, локальный характер зоны окисления, ее приуроченность к тектоническим узлам, а не к стратиграфическим горизонтам не говорит в пользу артезианской циркуляции. Ниже мы изложим свою точку зрения о движении вадозных вод.

4. Этап нижнетретичного латеритного выветривания характеризовался, по имеющимся в нашем распоряжении данным (22, 23), накоплением железистых латеритов, а не бурых железняков, как считает автор.

Последние являются продуктом позднейшей гидратизации латеритных образований.

5. Автор сводит все последующие гипергенные изменения первичных гидротермально-метасоматических магнетитовых залежей к окислению магнетита и перевода его в мартит, совершенно не отмечая тех глубоких изменений вещественного состава, в результате которых сложные полиминеральные продукты гидротермальной деятельности превратились в почти мономинеральные мартитовые руды.

Теория гипергенного образования криворожских руд выдвинута Л. И. Мартыненко [14]. Он считает, что богатые железные руды Криворожского бассейна образовались за счет железистых кварцитов в результате мощного проявления процессов гипергенеза на континентальном этапе существования железорудной формации. Основным фактором рудообразования является, по мнению автора, вынос из железистых кварцитов кварца щелочными вадозными водами, щелочность которых обусловлена отсутствием наземной растительности. Автор отрицает миграцию железа и метасоматическое замещение кварца окислами железа, сводя весь процесс рудообразования исключительно к выносу кварца. Кроме этого, широкое развитие получает, по автору, метасоматическое замещение кварца монтмориллонитом, переходящим, при изменении щелочной реакции среды в нейтральную и кислую, в каолинит. В дальнейшем каолинит почти полностью выщелачивается. Силикатные прослойки в железистых кварцитах и сланцевые пласты изменяются путем стадийного разрушения составляющих их силикатов, которые, выделяя гидроокислы железа, переходят в монтмориллонит-каолинит.

Одновременно с гипергенными процессами происходит тектоническое сжатие, приводящее к уменьшению пористости руды и в конечном счете к образованию открытой рудной складчатости.

Гидротермальные процессы, согласно автору, являются более поздними и к процессу рудообразования не имеют никакого отношения.

Гипергенная теория довольно тщательно разработана и аргументирована автором. Тем не менее она, вследствие своей односторонности, не дает удовлетворительного объяснения всего разнообразия наблюдаемых фактов.

Наиболее важными возражениями против гипергенной теории являются следующие.

1. Объектом исследований автора явились мартитовые и гематито-гидрогематитовые («красковые») руды Саксаганской полосы. Магнетитовых руд автор не касается. Подобное изолированное изучение зоны окисления и является, по нашему мнению, причиной одностороннего взгляда автора на генезис криворожских руд.

2. Автор синхронизирует гипергенные рудообразующие процессы с этапом континентального существования железорудной формации до отложения пород верхнего отдела Криворожской свиты. Отсюда следует, что рудные залежи должны быть пространственно связаны со структурными формами первой фазы тектогенеза,— единственной тектонической фазы, проявившейся до отложения верхнего отдела.

В действительности структуры первой фазы тектогенеза обычно безрудны, а оруденение, как правило, связано со структурными формами третьей тектонической фазы, значительно более поздней.

3. После формирования «протерозойской зоны окисления» прошли две или три фазы тектогенеза, сопровождавшиеся гранитными интрузиями. Трудно допустить, чтобы в подобных условиях зона окисления могла сохраниться неизменной.

4. Открытая складчатость, наиболее распространенная в рудных залежах, является, по автору, пострудной или одновременной с процессом превращения железистых кварцитов в руду. Если принять эту точку зрения, то остается открытым вопрос об исходных структурных формах, служивших благоприятными путями для циркуляции соответствующих водных растворов. Непонятно также развитие аналогичной складчатости в безрудных породах.

Если же считать открытую складчатость дорудной, то все становится естественным и понятным: открытая складчатость есть результат дифференциации тектонических усилий в процессе тектогенеза. Эта складчатость, наряду с сопутствующими ей разнообразными формами микротектогенеза (кливаж различных типов, тектоническое разлинзование, явления расслоения и т. д.), служила основными путями для циркуляции рудообразующих растворов, чем и объясняется пространственная связь рудных залежей со складками открытого типа. В тех участках, где открытые складки образовались в виде отдельных изолированных зон, доступ рудообразующих растворов к ним был затруднен и они остались неоруденевшими.

5. Явления сжатия железистых пород и руд в процессе оруденения должны были вызвать некоторое повышение температуры, повидимому, довольно значительное, исходя из того, что складчатости подверглись существенно кварцевые жесткие породы наряду с рудой. Подобные условия должны были сопровождаться соответствующим минералообразованием, характерным для динамометаморфического, но не гипергенного процесса. Следовательно, процесс тектонического сжатия вряд ли можно считать одновременным с гипергенным выветриванием.

Относительно уменьшения мощности железистых горизонтов при полном оруденении, что приводится автором как доказательство пострудного сжатия, следует сказать, что это явление нельзя признать правилом. Также часто можно наблюдать обратную картину: рудные тела имеют более значительную истинную мощность, чем сменяющие их по простиранию железистые породы.

6. Отрицание автором метасоматического замещения кварца и различных силикатов рудными минералами вызывает недоумение, так как этот процесс весьма широко развит и отмечается всеми исследователями бассейна. Чтобы доказать отсутствие метасоматизма (как гидротермального, так и гипергенного), следовало бы привести достаточно убедительные фактические данные, а не ограничиваться одним только голым отрицанием, как это делает автор.

7. Образование железистых пород связывается автором с моментом появления наземной растительности на континентах протерозоя, так как перенос железа и кремнезема происходил, по его мнению, в виде металлоорганических соединений в кислой среде. Значительно позднее происходит выщелачивание кварца из железистых пород и образование богатых железных руд. Для выноса кварца необходима щелочная среда, наличие которой автор объясняет уже отсутствием (?) наземной растительности.

За последнее время опубликованы краткие высказывания В. Н. Котляра [10], касающиеся происхождения криворожских мартитовых руд. Он, так же как и Л. И. Мартыненко, склоняется к мнению о гипергенном происхождении мартитовых руд и приводит в подтверждение следующие доводы.

1. Мартитовые руды расположены в средней части бассейна, отличающейся малым распространением интрузий. Связь оруденения с интрузиями нельзя считать отчетливой.

2. Мартитовые руды не сопровождаются гипогенными изменениями вмещающих пород.

3. Гидротермальные образования наблюдаются вне участков распространения мартитовых руд.

Относительно этих доводов нельзя не сделать следующих замечаний.

1. Вопрос о «малом распространении интрузий в средней части Криворожья» нельзя считать достаточно ясным. Никто иной как сам В. Н. Котляр совсем недавно [9] доказывал интрузивный характер «карнаватской породы», залегающей, как известно, в южной части Саксаганской полосы и местами контактирующей непосредственно с железистыми породами. Не установлены также возрастные соотношения саксаганских плагиоклазовых гранитов с породами Криворожской свиты. Разведанность западной границы криворожского комплекса пород в пределах Саксаганской полосы явно не достаточна. Все эти пока нерешенные вопросы не дают возможности сделать заключение о масштабах интрузивной деятельности в пределах Саксаганской полосы.

2. Связь гидротермальных образований с интрузией далеко не всегда может быть установлена. Как известно, гидротермальные растворы могут удаляться от материнской интрузии на десятки километров. В данном случае таких значительных расстояний не требуется, так как, чтобы связать гидротермальные явления, например, с саксаганскими гранитами, достаточно предположить возможность продвижения гидротерм на 0,5—1,0 км по вмещающим породам.

3. Два следующих довода, приводимые В. Н. Котляром, доказывают обратное тому, что хотел доказать автор. Если Саксаганская полоса представляет собой район развития мощнейшей зоны окисления, то какие гипогенные изменения могли сохраниться в подобных условиях? Именно поэтому мы и наблюдаем гидротермальные образования «вне участков распространения мартитовых руд», т. е. вне зоны окисления.

На остальных доводах (их около 10) отмечаемых В. Н. Котляром, мы не останавливаемся, поскольку сам автор считает их характерными как для гидротермальных, так и для гипергенных явлений.

Биогенная теория высказана академиком Л. С. Бергом [4]. По его мнению криворожские руды и железистые кварциты образовались в процессе жизнедеятельности особых железистых и кремнистых микроорганизмов, существовавших лишь в докембрии. Чередование железистых и кремнистых слоев в железистых кварцитах Л. С. Берг объясняет периодической сменой бурного развития и почти полного вымирания этих бактерий.

Поскольку эта теория является чистейшей гипотезой, не имеющей никакого фактического обоснования, она не получила распространения и в настоящее время почти совсем забыта.

Как можно заключить из изложенного, разнообразие взглядов на генезис руд является свидетельством сложности и многообразия процессов, протекавших в районе за длительный период его развития. В основу каждой генетической теории положены те или иные подтверждающие ее факты. Следовательно, нельзя отрицать наличия следов метаморфизма, гидротермальных и гипергенных изменений. Ошибочным является лишь односторонний подход к этим фактам, сосредоточение всего внимания на одном явлении и недооценка всех остальных.

Не претендуя на новизну и универсальность своих взглядов, попытаемся выяснить роль некоторых генетических процессов в соответствии с имеющимися фактическими данными.

Мы не будем касаться значения первично-осадочного процесса в образовании богатых руд, поскольку достоверных данных, доказываю-

щих сингенетичность богатых руд и вмещающих железистых пород, не имеется. Ранее относимые к первично-осадочным пластовые залежи на контакте верхнего и среднего отдела криворожской свиты при детальном изучении оказались приуроченными к зонам тектонических подвижек вдоль этого контакта и по условиям залегания никак не могут быть отнесены к осадочному типу.

Неясна также роль метаморфизма в рудообразующем процессе. Сторонники метаморфической теории приводят много фактов метаморфических изменений во вмещающих породах, не давая, однако, убедительных доказательств значения метаморфизма в рудообразовании.

Гораздо отчетливее вырисовывается роль гидротермальных и гипергенных явлений вследствие обилия фактического материала специфических особенностей этих процессов.

Рассмотрим сначала фактические данные по гидротермальному рудообразованию.

Бесспорно гидротермальное происхождение приписывается в Криворожье магнетитовым рудам. В этом вопросе между исследователями Кривого Рога нет разногласий, так как парагенезис минералов магнетитовых руд, их структуры и текстуры, а также форма и условия залегания рудных тел полностью соответствуют гидротермальному типу оруденения.

В количественном отношении магнетитовые руды играют незначительную роль по сравнению с мартитовыми, но их пространственное размещение довольно своеобразно. Они встречаются в северной и южной частях бассейна, известны на замыкании Криворожского синклинория (восточная и западная Ингулецкие мульды) и в пределах Тарапако-Лихмановского антиклинала. Лишь в пределах Саксаганской полосы магнетитовые руды до последнего времени не были известны. Однако недавно магнетитовые руды обнаружены и в Саксаганской полосе в виде жильных образований, приуроченных к третьему железистому горизонту железорудной формации (рудник им. Кирова) [24].

Таким образом, наблюдается довольно интересная картина: гидротермально-метасоматические магнетитовые руды окружают продуктивную часть Саксаганской полосы со всех четырех сторон: с севера — северное рудное поле, с юга — район замыкания Криворожского синклинория, с запада — Тарапако-Лихмановский антиклинал и с востока — нижние горизонты железорудной формации в Саксаганском синклинале. В центре этого типично гидротермального окружения находится продуктивная толща Саксаганской полосы, заключающая основную массу железных руд бассейна (около 80%).

Уже одно это обстоятельство заставляет обратить внимание на основные геологические особенности Саксаганской полосы с тем, чтобы выяснить причины, вызвавшие формирование мартитовых и «красковых» рудных тел.

Наиболее характерной и, повидимому, главнейшей особенностью района Саксаганской полосы является мощное развитие чрезвычайно глубоко проработанной зоны окисления. На это указывает широко распространенный процесс окрасковання, захвативший в основном сланцевые пласты и силикатно-железистые роговики железорудной формации.

Окраскование представляет собой метасоматическое замещение различных силикатов и кварца минералами окиси и гидратов окиси железа. Конечным результатом окрасковання является образование залежей «красковых» руд. Гипергенный характер этого процесса подтверждается следующими фактами.

1. Минералогический состав «красковых» руд характеризуется наличием, наряду с тонкодисперсным гематитом, таких минералов, как гидрогематит, гидрогетит, гетит, характерных для зоны гипергенеза. Глубина распространения этих минералов весьма значительна. Так, например, разведочная скважина № 2410 (рудник им. Кирова) на глубине 877 м встретила плотный афанитовый гидрогетит; скважиной № 1500 на глубине 780 м встречен охристый гидрогетит (желтая охра) и т. д. Подобные факты свидетельствуют о весьма большой глубине зоны окисления,— повидимому, свыше 1000 м.

2. Процесс окрасковання приурочен к зоне Саксаганского надвига и прилегающим к ней частям Саксаганской синклинали (с востока) и Саксаганской антиклинали (с запада). Эти участки, являясь наиболее тектонически нарушенными, были весьма благоприятными для свободной циркуляции поверхностных вод на большую глубину. По мере удаления от зоны надвига к востоку тектонические явления затухают; одновременно исчезает и окрасковапие. Наблюдается также затухание процесса окрасковання с глубиной. Например, в северной части рудника им. Кирова пятый сланцевый горизонт вблизи поверхности состоял из глинисто-гидрогематитовых сланцев. На горизонте 220 м эта толща представлена серицито-хлорито-кварцевыми сланцами со следами окрасковання лишь по плоскостям кливажа течения, а на горизонте 326 м окрасковапие вообще отсутствует.

3. Несмотря на избирательный характер окрасковання, захватившего в основном силикатно-железистые роговики и сланцы, встречается местами и окрасковапие мартитовых руд вблизи контакта с «красковыми» рудами (так называемая окрасковапная синька). Это обстоятельство указывает на вторичный характер процесса окрасковання.

Мартитовые руды также несут на себе следы воздействия на них окислительных процессов. Прежде всего, сам мартит является, как известно, окисленным магнетитом. Этим самым, кстати сказать, устанавливается единство первичного магнетитового оруденения для всего Криворожского бассейна. Но кроме мартитизации, в рудах этого типа можно установить целый ряд вторичных изменений, которые фиксируются благодаря присутствию некоторых вторичных минералов. К ним относятся, например, минералы группы каолинита-монтмориллонита, почти повсеместно встречающиеся в мартитовых рудах, но обычно в незначительных количествах. Повидимому, эти минералы являются продуктом разложения алюмосиликатов, всегда сопровождающих магнетитовые гидротермальные образования. Вторичными образованиями иного характера являются включения гидрогетитового и гидрогематитового состава. Морфологически они типичны для жильных тел, а по структурно-текстурным признакам соответствуют разложившимся сульфидам.

Если указать еще на химическую чистоту мартитовых руд по сравнению с магнетитовыми рудами (ничтожное содержание фосфора и серы, незначительное количество окиси кальция и магния и т. д.), то громадное значение процессов окисления для формирования мартитовых руд станет достаточно очевидным.

Подытоживая изложенные выше фактические данные по характеру рудопроявления в Саксаганской полосе, необходимо отметить следующее.

Мартитовые руды имеют первичное гидротермальнометасоматическое происхождение; об этом свидетельствует:

1) морфология рудных залежей (столбообразные и штокообразные формы рудных тел);

2) метасоматические и трещинные контакты рудных залежей со вмещающими породами.

3) приуроченность оруденения к складчатым и тектоническим зонам;

4) наличие в мартитовых рудах вторичных минералов (каолинит-монтмориллонит, гидрогематит, гидрогетит и т. д.), представляющих собой продукты разложения первичных гидротермальных минералов;

5) широкое развитие метасоматического замещения кварца магнетитом, позднее превратившимся в мартит;

6) центральное положение Саксаганской полосы, окруженной со всех сторон магнетитовыми рудами бесспорно гидротермального происхождения;

7) развитие в верхних горизонтах упомянутых магнетитовых залежей зоны мартитизации, которая слагается мартитовыми рудами типа саксаганских; глубина этой зоны колеблется от 20 до 60—70 м.

Однако гидротермальный процесс еще не создавал готовых рудных залежей с богатой рудой. Наряду с магнетитом из гидротерм отлагались, повидимому, в значительных количествах карбонаты, сульфиды, полевые шпаты, кварц и другие минералы, измененные остатки которых обычно встречаются в залежах мартитовых руд. Кроме того, оруденение не могло проходить повсюду с одинаковой интенсивностью. В качестве одного из многочисленных примеров можно указать на магнетитовую руду в северной части Тарапаковского пласта, вскрытую горными выработками шахты им. Калинина на горизонте —184 м. Содержание железа в этой руде не превышает 48—50% вследствие большого количества нерудных минералов (карбонатов, хлорита, амфибола, кварца и др.). К югу содержание железа в руде увеличивается до 58—60% в результате более высокой интенсивности оруденения. Повидимому, подобная неравномерность первичного гидротермального оруденения была обычным явлением, что можно заключить по значительным колебаниям содержания железа в мартитовых рудах.

Исходя из этого, следует предполагать, что первичные рудные залежи по своим размерам и качеству руды существенно отличались от современных залежей мартитовых руд.

Лишь после весьма длительного этапа глубинного выветривания первичные гидротермально-метасоматические магнетитовые залежи приняли современный облик мартитовых залежей. Магнетит в них перешел в мартит, карбонаты и кварц растворены и вынесены, сульфиды разложились с образованием минералов гидроокиси железа, силикаты и алюмосиликаты оставили следы своего былого существования в виде глинистых минералов. В результате этих грандиозных по масштабу и продолжительности процессов образовались химически чистые и весьма богатые железом мартитовые руды.

«Красковые» (гематито-гидрогематитовые» руды, повидимому, обязаны своим происхождением процессу глубинного выветривания.

Минералогический состав «красковых» руд, согласно исследованиям Я. Н. Белевцева [2] и Ю. Г. Гершойга [6], представлен в основном тонкодисперсным гематитом наряду с гидрогематитом, гидрогетитом, гетитом и мартитом.

Из нерудных минералов присутствует кварц и каолинит.

Преобладающее значение гематита в «красковых» рудах указывает на своеобразный характер глубинного выветривания, отличный от обычного, при котором образуются лишь минералы группы гидратов окиси железа. Очевидно, железо в данном случае мигрировало не в коллоидном состоянии, а в виде истинного раствора. Кстати сказать, по исследованиям Д. П. Григорьева [7], значение коллоидов в процессе рудообразования не так велико, как ранее считалось. Он склонен придавать основное значение в миграции элементов именно истинным растворам.

Мы не будем касаться детализации физико-химической стороны процесса глубинного выветривания, поскольку этот вопрос еще не достаточно изучен.

Небходимо остановиться лишь на характере циркуляции грунтовых вод и глубине их проникновения.

Необычная по глубине зона окисления Саксаганской полосы объясняется, по нашему мнению, тем, что Украинский кристаллический массив с протерозоя и до конца третичного периода представлял горное сооружение, окаймленное глубокими впадинами с юга (Причерноморская впадина), с севера и северо-востока (Днепровско-Донецкая впадина). Глубина этих впадин достигает 2,5—3 км. Благодаря такому гипсометрически возвышенному положению и в результате наличия в пределах бассейна многочисленных складчатых структур и крупных тектонических разломов (продольных и поперечных), в районе создались исключительно благоприятные условия для гипергенных процессов. Поверхностные воды, просачиваясь в кристаллические породы, циркулировали по складчатым структурам, зонам надвигов и поперечных разломов, используя широко развитые в этих участках разнообразные складчатые и разрывные микротектонические формы (микроскладчатость, кливаж, трещиноватость и т. п.). Циркуляция происходила под действием гравитации со свободным стоком вадозных вод во впадины, окружающие кристаллический массив. Сток мог происходить как на юг, так и на север и северо-восток.

Естественно, что вадозные воды проникали на большую глубину лишь в тех участках, где имелась соответствующая тектоническая подготовка; в участках со слабой тектонической нарушенностью гипергенные процессы проявлялись на незначительную глубину в несколько десятков метров.

Наиболее благоприятными для развития гипергенных процессов явились районы крупных синклинальных структур, осложненных тектоническими разрывами, как, например, Саксаганская синклиналь. Антиклинальные структуры были менее благоприятными для оруденения, вследствие того, что воды быстро скатывались по крыльям, не попадая в замочную часть структуры.

Длительность процесса глубинного выветривания определить весьма трудно. Исходя из громадной глубины зоны окисления и глубоких изменений первичного химико-минералогического состава, следует предполагать очень длительный этап гипергенеза, однако увязка его во времени с соответствующими геологическими периодами пока невозможна, ввиду отсутствия хотя бы косвенных сведений, дающих основание для конкретной увязки. Полное отсутствие в районе палеозойских и мезозойских отложений лишает возможности установить более или менее определенные границы процесса во времени.

Можно лишь предполагать, что формирование мощнейшей коры выветривания происходило как в палеозое, так и мезозое, потому что гипсометрическое положение мезозойских отложений в Днепровско-Донецкой и Причерноморской впадинах значительно ниже (на 600—1000 м) поверхности докембрийских пород Украинского кристаллического массива. Повидимому, и в мезозойскую эру регион являлся довольно высоко приподнятою сушей, точно так же, как и в палеозое.

В заключение наметим схему последовательности важнейших геологических процессов, давших в общей сложности одно из крупнейших в мире месторождений богатых железных руд.

1. Этап первичного осадкообразования. Накопление механических и химических осадков железорудной формации с последующими процес-

сами диагенеза. Источником железа явились, повидимому, архейские гнейсы и зеленокаменные породы.

2. Первая фаза тектогенеза, сопровождавшаяся динамотермальным метаморфизмом. Образование изоклинальных складчатых структур меридионального простирания. Преобразование осадочного комплекса пород нижнего и среднего отдела криворожской свиты в метаморфический комплекс (аркозы, филлиты, железистые кварциты и силикатно-кварцевые сланцы).

3. Этап накопления механических и химических осадков верхнего отдела.

4. Вторая фаза тектогенеза — образование открытых складчатых структур субмеридионального направления. Динамотермальный метаморфизм, менее интенсивный, чем при первой фазе тектогенеза.

5. Третья фаза тектогенеза, сопровождавшаяся интрузией розовых гранитов, давших широкое развитие гидротермальных явлений. Образование открытой складчатости субширотного простирания. Образование гидротермальных магнетитовых залежей путем метасоматического замещения кварца магнетитом и другими минералами гидротермального типа. Возможно несколько этапов оруденения.

6. Четвертая фаза тектогенеза. Дизъюнктивные нарушения меридионального направления. Гидротермальные проявления в виде сульфидно-карбонатно-кварцевых жил.

7. Длительный этап глубинного выветривания. Циркуляция вадозных вод по складчатым и разрывным структурам и свободный сток их во впадины, окружающие Украинский кристаллический массив. Окисление магнетита в мартит, вынос кварца и карбонатов, разложение сульфидов, силикатов и другие процессы, обусловившие окончательное формирование богатых мартитовых руд. Образование «красковых» руд и окрашование сланцев и силикатно-железистых роговиков. Образование зон выщелоченных железистых кварцитов вокруг мартитовых залежей.

Процессы выветривания не захватывают лишь участки со слабой тектонической подготовкой, в которых постепенно обособляются химически слабо активные застойные воды хлоридного типа.

8. Трансгрессия эоценового моря. Гальмиролиз кристаллических пород и отложение третичных осадков во впадинах древнего рельефа. На суше — этап нижнетретичного латеритного выветривания. Образование железистых латеритов на пологих склонах рельефа кристаллических пород.

9. Трансгрессия верхнетретичного моря. Отложение в понижениях поверхности кристаллических пород сарматских и понтических глин, песков известняков.

10. Современное выветривание сиаллитного типа. Широкое развитие каолинизации. Частичная миграция железа (процесс отбеливания).

Проблема генезиса криворожских руд не может считаться решенной. Только детальное изучение вещественного состава руд и вмещающих пород, их структурных и текстурных особенностей в тесной увязке с изучением тектонических и микротектонических форм и уточнением общего геологического строения района может дать достаточно ясное и определенное ее решение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Типы рудных полей Криворожских железорудных месторождений и соображения о генезисе железных руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 2.
2. Белевцев Я. Н. Мінерал гідрогематіт та його роль в рудоутворінні Кривого Рогу. Геол. журнал АН УССР, 1951, т. XI, в. 2.

3. Белевцев Я. Н. Генетическая классификация железных руд Кривого Рога. Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, 1952, № 6.
4. Берг Л. С. Происхождение железных руд типа криворожских. «Вопросы географии», 1937, № 3.
5. Гершойг Ю. Г. Фазы петрогенезиса в кристаллических сланцах Криворожья. «Советская геология», 1947, № 37.
6. Гершойг Ю. Г. О природе рудного минерала так называемых красковых руд в Криворожье. Минералогический сборник Львовского геол. об-ва, 1951, № 5.
7. Григорьев Д. П. О генезисе натечных или метаколлоидных агрегатов минералов. Зап. Всесоюзного минер. об-ва, 1953, в. 1.
8. Железорудные месторождения Кривого Рога. Труды ВГРО, 1932, в. 153.
9. Котляр В. Н. О Карнаватской породе из Кривого Рога. ДАН АН СССР, 1951, т. XXXIII, № 2.
10. Котляр В. Н. О магматизме Кривого Рога. Сб. «Геология и горное дело», 1952, № 21.
11. Каниболоцкий П. М. К вопросу о генезисе руд Кривого Рога. Ученые записки Днепропетровского университета, 1941, т. XXVII, в. 2.
12. Каниболоцкий П. М. Петрогенезис пород и руд Кривого Рога. Изд. АН УССР, 1946.
13. Мартыненко Л. И. Причины образования кварцево-железистых пород в докембрии. Учен. зап. Черновицкого гос. университета, 1950, т. VIII, в. 2.
14. Мартыненко Л. И. К вопросу об образовании богатых руд Кривого Рога. Там же.
15. Пятницкий П. П. Исследование кристаллических сланцев степной полосы юга России. 1898.
16. Пятницкий П. П. Генетические отношения криворожских рудных месторождений. Труды Ин-та прикладной минералогии, в. 3, 1924.
17. Семененко Н. П. Про магматічний процесс у Криворіжжі. Геол. журн. АН УССР, 1938, т. V, в 3.
18. Семененко Н. П. Столбовидные и штоковидные залежи Саксаганской полосы и связь их с микротектоническими элементами. Бюлл. НИГРИ, 1940, № 3—4, Кривой Рог.
19. Семененко Н. П. Структура рудных полей криворожских железорудных месторождений. Изд. АН УССР, 1946.
20. Танатар И. И. Некоторые соображения о генезисе криворожских железных руд и вмещающих их пород. Журнал «Южный инженер», 1916.
21. Танатар И. И. Генезис железистых кварцитов и руд Кривого Рога и Старого Оскола. Труды конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. 1937.
22. Тохтуев Г. В. Некоторые соображения о генезисе бурых железняков Криворожья. Рукопись. 1946. Фонды Криворожского геол.-разв. треста.
23. Тохтуев Г. В. О бокситоносности пород северной части Криворожья. Рукопись. 1947. Фонды Криворожского геол.-разв. треста.
24. Тохтуев Г. В. О гидротермальном рудопроявлении в южной части Саксаганской полосы. Рукопись. 1950. Фонды Криворожского геол.-разв. треста.

Л. И. МАРТЫНЕНКО

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ «КРАСКОВЫХ» РУД КРИВОГО РОГА

Образование «красковых» руд криворожских железорудных месторождений является одной из наиболее сложных проблем в комплексе вопросов, связанных с генезисом богатых руд этого бассейна.

Сложность выяснения генезиса этого типа руд связывается с тонкодисперсным характером минералов, слагающих эти руды, что, естественно, в большой степени осложняет выяснение их минерального состава и последовательности его изменения.

Процессы окрасковання, следствием которых является образование «красковых» руд, весьма распространены в криворожских железистых породах. Все железистые породы, имеющие в своем составе железистые силикаты, в той или иной степени подвержены окрасковапию.

Процессы образования «красковых» руд еще не достаточно изучены, минеральный состав «красковых» руд до сих пор является спорным.

Так, Ю. Г. Гершойг [5] считает, что хотя «красковые» руды Криворожья представляют собой сложное полиминеральное образование, главным их рудным минералом является весьма мелкодисперсная окись железа, находящаяся в тесной смеси с глинистым веществом. Индивидуализированные рудные минералы представлены, с одной стороны, гематитом и мартитом (с остатками магнетита), с другой — окислами в виде гетита и бурых железняков. Гидрогематит или отсутствует вовсе или участие его в составе «красковых» руд незначительно. Ю. Г. Гершойг делает вывод, что, следовательно, нет оснований называть охарактеризованные руды гидрогематитовыми.

Что понимает Ю. Г. Гершойг под мелкодисперсной окисью железа, находящейся в тесной связи с глинистым веществом, остается неясным, несмотря на то, что, по его мнению, эта дисперсная окись железа является главным минералом «красковых» руд.

Я. Н. Белевцев считает, что принятое в Кривом Роге до настоящего времени название гидрогематит является сборным и включает в себя тонкокристаллический гематит, глинистый гидрогематит, гидрогетит и так называемый турьит.

Дисперсная разность гематита, по мнению Я. Н. Белевцева, образовалась вследствие замещения окислами железа, кварца, роговиковых прослоев, хлорита и амфиболов в сланце. В сланцах и сланцевых прослоях дисперсный гематит образуется благодаря привносу железа растворами с одновременным разложением железистых хлоритов и амфиболов с образованием гидрогетита и глинистого вещества. По мнению Я. Н. Белевцева, образование тонкокристаллического гематита происходило метасоматическим путем из растворов, привносивших железо; образование гидрогетита и гидрогематита, повидимому, связано с окислением железистых силикатов, сланцевых прослоев роговиков и сланцев.

Я. Н. Белевцев считает, что гематит, гидрогематит и турьит являются вторичными минералами в криворожской железорудной свите.

Какой-либо расшифровки процесса метасоматического замещения кварца тонкодисперсным гематитом Я. Н. Белевцев не дает, и его выводы строятся на макроскопических наблюдениях пород, подвергающихся процессам окраскования.

Как показывают наши петрогенетические исследования «красковых» руд и вмещающих пород, в их образовании устанавливается вполне определенная последовательность, которую мы рассматриваем как естественную стадийность процесса окрасковання.

В образовании красковых руд мы по преобладающему минеральному составу выделяем стадию мусковито-магнетитовую, за которой следует каолинито-гидрогематитовая, а затем гетитовая, как стадия, завершающая процесс образования красковых руд. Минеральный состав каждой из выделенных нами стадий связан между собой последовательностью образования.

Первая мусковито-магнетитовая стадия образования «красковых» руд заключается в том, что все железистые силикаты исходных аспидных и хлорито-аспидных сланцев последовательно замещаются светлой слюдой. Процесс синтеза светлой слюды происходит в пределах кристаллической решетки исходного железистого силиката, в результате чего светлая слюда его метасоматически замещает.

Процесс замещения протекает в две-три стадии, которые фиксируются ступенчатым изменением интенсивности плеохроизма зеленых роговых обманок и биотита. Железистые силикаты, как это подтверждают петрографические исследования, претерпевают серию мутабильных изменений.

По мере метасоматического замещения железистого силиката светлой слюдой происходит сбрасывание окислов железа в форме пылевидных выделений магнетита, густо покрывающих контуры исходного железистого силиката. Принадлежность выделяющихся при таком разложении рудных зерен к магнетиту подтверждается тем, что при таком малом размере ($<0{,}001$ мм) они совершенно не просвечивают; при дальнейшем ходе процесса они переходят в гематит и просвечивают вишнево-красным цветом.

Разложение железистых силикатов завершается полным их замещением мусковитом, густо запыленным выделениями магнетита.

Эту стадию изменения силикатов мы называем мусковито-магнетитовой. Первая мусковито-магнетитовая стадия не сопровождается заметным изменением облика исходной железистой породы. Порода не получает какой-либо пигментации. Рудные минералы при этом процессе остаются совершенно не затронутыми.

Мусковито-магнетитовая стадия проявляется почти повсеместно как в породах среднего железистого отдела, так и в породах аркозо-филлитовой толщи.

Идентично описанным происходят изменения железистых силикатов в породах железорудных месторождений Верхнего озера в США.

Мусковито-магнетитовая стадия изменения железистых пород происходит в щелочной обстановке, что подтверждается как развитием мусковита за счет амфиболов, биотита и железистых хлоритов, так и иммобильностью магнетита, который на этой стадии накапливается в железистых породах.

Вторая стадия процессов окрасковання, которую мы называем каолинито-гидрогематитовой, характеризуется дальнейшим разложением силикатов. Их изменение на этой стадии выражается в том, что мусковит метасоматически замещается монтмориллонитом, а затем каолинитом,

а магнетит переходит в гематит. На этой стадии железистые роговики и сланцы, подвергающиеся этому процессу, получают ясно выраженную пигментацию, которая и оценивается геологами Кривого Рога как результат процесса окраскования.

Весьма характерным для этой стадии является дальнейшее стадийное разрушение мусковита до монтмориллонита-каолинита. Образование монтмориллонита за счет мусковита отчетливо проявляется по снижению показателя преломления и величины двупреломления (до 0,010—0,012) у мусковита. В свою очередь, монтмориллонит замещается каолинитом, который образует тонкозернистый агрегат с типичной роговиковой структурой. Монтмориллонит сохраняется в виде мелких зерен, располагаясь чаще всего у контакта с рудными минералами. Монтмориллонит имеет Ng до 1,58—1,59, что заставляет отнести его к группе железистых монтмориллонитов. Чаще всего монтмориллонит наблюдается как реликтовое образование в поле каолинита.

Переход монтмориллонита в каолинит фиксирует изменение pH среды от щелочной, характерной для монтмориллонита, на кислую, характерную для каолинита. Такое изменение pH среды, несомненно, отражает последовательность гипергенных воздействий на железистые породы.

Ход процесса нам представляется в следующем виде. Вадозные воды в верхних горизонтах зоны инфильтрации, несомненно, содержали углекислоту, которая поглощалась ими из воздуха. Углекислота в верхних горизонтах инфильтрации должна была придавать вадозным водам кислую реакцию. По мере продвижения вниз вадозные воды, энергично выщелачивая сильные щелочи из вмещающих пород, приобретали щелочную реакцию. Натрий и калий быстро подавляли кислую реакцию вадозных вод, и они приобретали устойчивую щелочную реакцию.

Углекислота при этом связывалась со щелочами по такой реакции:

$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

По мере продвижения вниз углекислые соединения щелочей реагировали с кремнеземом и переводили его в растворимое состояние по реакции

$$Na_2CO_3 + SiO_2 + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2CO_3.$$

До тех пор пока содержание сильных щелочей в вадозных водах было способно нейтрализовать освобождающуюся при растворении кварца углекислоту, вадозные воды имели щелочную реакцию. В том же случае, когда углекислота из-за недостатка щелочей не могла быть нейтрализована, она оказывала влияние на реакцию вадозных вод, делая ее кислой.

При этом следует иметь в виду, что количество сильных щелочей все время пополнялось на путях гравитационной миграции вадозных вод, что обусловливало непрерывное растворение кварца и вынос его из железистых пород.

Кислая реакция вадозных вод, как показывают исследования, была кратковременной и фиксировала момент недостатка сильных щелочей, которые расходовались на растворение кварца.

Влияние кислой реакции вадозных вод сказалось на переводе большей части монтмориллонита в каолинит. Местами, в весьма ограниченном количестве, заметно замещение рудных минералов каолинитом.

Кратковременность воздействий кислой среды на железистые породы проявляется и в том, что при дальнейшем воздействии вадозных вод каолинит подвергался разрушению и выносу. К концу процесса окраскова-

ния содержание каолинита в руде резко сокращается. Разрушение и вынос каолинита, как и всякого силиката, происходило в щелочной обстановке. Это подтверждается еще и тем, что в гипергенно измененных, окрашованных железистых породах изредка наблюдается гидраргиллит, который является одной из последних стадий разрушения каолинита в щелочной среде.

Процесс окрасковання железистых пород возможен в том случае, когда зона инфильтрации вадозных вод имеет большую протяженность по вертикали. А это, в свою очередь, возможно в том случае, когда континент значительно поднят над базисом эрозии.

Это условие вполне увязывается с нашими представлениями о том, что процессы образования богатых (гематитовых) рудных тел в Кривом Роге происходили в континентальный период существования железистых пород, после первой фазы метаморфизма и связанных с этой фазой горообразовательных процессов.

Анализ тектонических взаимоотношений пород, слагающих криворожские железорудные месторождения, заставляет сделать вывод, что железистые породы после первой фазы горообразовательных процессов были собраны в пологие, меридионального направления, складки. Весьма вероятно, что складчатая система представляла собой горную страну, значительно приподнятую над базисом эрозии. Эти вполне вероятные условия и создали возможность существования значительной по вертикали зоны инфильтрации вадозных вод, в которой и происходили процессы формирования богатых рудных тел.

Детальных исследований по характеру пликативных форм, созданных первой тектонической фазой, в настоящее время нет, но весьма вероятно, что уже после первой фазы создались структуры, аналогичные современным структурам, которые в основном были результатом проявлений второй тектонической фазы.

Этим и следует объяснять сопряженность форм рудных тел с современными тектоническими структурами. Весьма ярким примером такой сопряженности форм рудных тел с тектонической структурой района являются рудные тела, приуроченные к шарнирным частям синклинальной складки, сложенной железистыми породами так называемого второго Саксаганского пласта (первый и четвертый железистые горизонты).

Такой вывод в части тектонической подготовки, предшествующей оруденению, мы вынуждены сделать из того, что направление складок последующих фаз не вскрывает какого-либо несогласия с направлениями складок первой тектонической фазы.

Исследования глинистых минералов «красковых» руд были проведены в термической лаборатории НИГРИ. Для выделения глинистых минералов «красковые» руды обрабатывались 5% HCl с целью удаления из этих руд рудных минералов. Остаток после обработки HCl подвергался термическому исследованию. Полученные дифференциальные кривые нагревания оказались типичными для каолинита. Содержание монтмориллонита до 0,5—1,0% не сказалось на форме кривых нагревания.

Характерным является то, что в железистых породах вместе с разложением силикатов идет активный метасоматоз кварца монтмориллонитом и каолинитом, что приводит к полному выносу свободного кварца из породы.

Такой активный метасоматоз кварца каолинитом является доказательством подвижности глинозема в этих условиях. Миграционная способность глинозема подтверждается и тем, что наряду с замещением кварца каолинит образует секущие жилки, явно эпигенетического харак-

тера. Такие жилки каолинита характерны чаще всего для более поздней, третьей фазы формирования «красковых» руд.

Очень важным и не решенным до сих пор был вопрос о природе рудного минерала. Как указывалось выше, Ю. Г. Гершойг считает, что основным рудным минералом является мелкодисперсная окись железа, находящаяся в тесной связи с глинистым веществом.

Я. Н. Белевцев считает, что состав рудных минералов «красковых» руд является полиминеральным и разложение силикатов приводит к образованию гидрогетита и частично гидрогематита. Основная масса пылевидного гидрогематита образовалась, по мнению Я. Н. Белевцева, за счет привноса железа гидротермальными растворами и метасоматоза дисперсным гематитом кварца роговиковых прослоев.

В противовес взглядам Я. Н. Белевцева наши исследования показывают, что в процессе образования «красковых» руд привноса железа со стороны какими-либо растворами не происходит. Это подтверждается тем, что образование тонкодисперсного гематита, как это видно из петрографических исследований, происходит за счет окисления пылевидного магнетита, выделившегося в первую магнетито-мусковитовую стадию разложения железистых силикатов. Так как процессы мусковитообразования происходят в заведомо щелочной среде, то гематит в этих условиях не является миграционноспособным и поэтому какие-либо метасоматические замещения он выполнять не может. Тонкая дисперсность гематита, отражая дисперсность магнетита первой фазы, сохраняется почти полностью. Для выяснения минералогического состава «красковых» руд были проведены их исследования в термической лаборатории НИГРИ. Термическому анализу подвергались окрасканные сланцы и «красковые» руды четвертого и пятого сланцевых горизонтов рудника им. Дзержинского.

На основании термических исследований, которые были проведены НИГРИ, можно сделать следующие выводы.

1. В «красковых» рудах и окрасканных сланцах, взятых по восточному крылу синклинальной складки из пород четвертого и пятого горизонтов так называемого второго Саксаганского пласта, почти совершенно не фиксируются эффекты, характерные для гетита и более богатых водой гидроокислов железа (на эндотермический эффект при 340°).

2. Дифференциальные кривые нагревания таких руд отчетливо выявляют эффекты при 570 и 950°, характерные для каолинита.

3. Эндотермический эффект гетита (340°), проявляющийся при термических исследованиях отдельных образцов «красковых» руд четвертого и пятого железистых горизонтов рудника им. Дзержинского, фиксируется настолько слабо, что гетит в этом случае является, повидимому, совершенно не существенной примесью (содержание не выше 3%). Микроскопические исследования таких руд не выявляют присутствия гетита.

4. Окрасканные аспидные и хлорито-аспидные сланцы совершенно не выявляют эндотермического эффекта, характерного для гетита (340°), что свидетельствует о полном отсутствии в них гетита.

5. Пересчет химических анализов ряда «красковых» руд и «красковых» сланцев на минералогический состав, взятых по восточному борту синклинальной складки так называемого второго Саксаганского пласта, показывают, что окись железа содержит 2—3% воды.

Сопоставляя все сказанное выше, мы делаем вывод, что «красковые» руды и окрасканные сланцы на второй стадии процесса характеризуются, наряду с разложением силикатов до монтмориллонита-каолинита, образованием маловодной гидроокиси железа, которая с некоторой условностью может быть отнесена к гидрогематиту.

Микроскопические исследования тех же руд и окрашенных сланцев показывают, что рудный минерал, их составляющий, совершенно однороден по своим оптическим свойствам и заметно отличается от гематита по понижению отражательной способности и по снижению интенсивности окраски в проходящем свете.

Все это заставляет нас сделать вывод, что основным рудным минералом, характерным для второй стадии процесса окрашивания, является гидрогематит.

Если сравнить гидрогематит «красковых» руд Кривого Рога с гидрогематитами Урала, то, по данным Е. Я. Роде, уральские гидрогематиты значительно богаче водой. Среднее содержание воды в уральских гидрогематитах 6—8%.

Криворожские гидрогематиты содержат от 1 до 3% воды.

Мы считаем, что, несмотря на пониженную степень гидратации криворожских гидрогематитов, их следует отличать от безводной окиси железа, а потому и «красковые» руды, существенными составными частями которых являются гидрогематит и каолинит, следует называть каолинито-гидрогематитовыми рудами.

Такое название является в известной мере условным, так как гидрогематит не является самостоятельным минеральным видом. Как показывают рентгеновские исследования [6], кристаллическая решетка гидрогематита не отличается от кристаллической решетки гематита. Но учитывая то, что вода, содержащаяся в гидрогематите, оказывает заметное влияние на оптические свойства гематита и что по своей природе она, повидимому, близка к цеолитной, мы считаем необходимым выделять гидрогематит в самостоятельную разновидность гематита, как это делается другими исследователями [6].

Гидрогематит — вполне закономерная стадия гидратации безводной окиси железа, которая вполне закономерно появляется на определенном этапе процесса окрашивания аспидно-хлоритовых и амфиболовых сланцев. Наши исследования показывают, что гидрогематит и каолинит являются характерными минералами второй стадии формирования «красковых» руд. Следует отметить, что образование кондиционных железных руд на этой стадии является чаще исключением, чем правилом. В большинстве случаев вторая стадия процессов окрашивания приводит к образованию «красковых» сланцев, содержание железа в которых меньше 45%.

Дальнейшее изменение окрашенных железистых пород, получивших на второй стадии процесса гидрогематито-каолинитовый состав, заключается в том, что каолинит из породы почти полностью выносится, а гидрогематит переходит в более водные гидроокислы железа.

Это вполне закономерное последующее изменение железистых пород в результате развития процессов окрашивания необходимо выделить в самостоятельную, третью стадию.

Для развития процессов, характерных для третьей стадии, необходимым дополнительным условием является брекчирование железистых пород, которое возникает под влиянием тектонических воздействий.

В результате брекчирования в железистых породах создаются благоприятные условия для миграции растворов, воздействие которых приводит к почти полному выносу каолинита и реликтов кварца, которые в небольшом количестве могли остаться после первых фаз процесса окрашивания.

Гидрогематит, как показывают исследования, в значительной части гидратизируется до образования гетита и гидрогетита, каолинит при этом подвергается почти полному выносу. Процессы гидратации окрашован-

ных гидрогематито-каолинитовых пород проходят под влиянием гипергенных растворов, имеющих щелочную реакцию. Щелочной характер процессов подтверждается тем, что из породы происходит вынос остатков свободного кремнезема, а также вынос каолинита. Микроскопические исследования показывают, что вынос каолинита из породы сопровождается образованием минералов группы диаспора-гидраргиллита. Количество этих минералов в «красковых» рудах не превосходит 2—3%. Часто они и совершенно не наблюдаются в составе руд. Но уже факт их даже спорадического присутствия является достаточным для того, чтобы утверждать, что гипергенные растворы, формировавшие «красковые» руды, на третьей стадии, несомненно, имели щелочную реакцию.

Кроме того, щелочной характер гипергенных растворов подтверждается образованием типичных метаколлоидных структур, развивающихся на третьей стадии в «красковых» рудах.

Микроскопические исследования дают возможность наблюдать постепенное развитие таких структур. На первых этапах перехода гидрогематита в гетит в породе появляются очень мелкие (до 0,01 мм) сферолиты гетита, имеющие концентрически лучистую структуру. По мере перехода гидрогематита в гетит количество и размер сферолитов увеличивается. В пределе своего развития сферолиты сливаются в сплошную массу, имеющую типично метаколлоидную структуру.

На стадии образования метаколлоидных структур, характерных только для третьей стадии формирования «красковых» руд, в составе руды появляются и более богатые водой, чем гетит, гидроокислы железа. На полированных аншлифах отчетливо видно, что гидрогетиты развиваются за счет гетита.

Мы считаем, что образование метаколлоидных структур является следствием процессов пептизации гидроокислов железа, происходящих под влиянием их гидратации. Коллоидные растворы гидроокислов железа могут формироваться только в щелочной среде. Наиболее гидратизированные окислы железа типа ксантосидерита образуют чаще всего тонкодисперсные агрегаты. Мы считаем, что тонкая дисперсность предельно гидратизированных окислов железа не случайна, а является следствием последовательного их диспергирования в результате процессов гидратации.

Термические исследования гидрогематито-гетитовых руд показали наличие ясно выраженной гетитной остановки на их термограммах (340°). Кроме гетитной остановки, на термограммах этих руд фиксируются эффекты каолинитовые (при 550 и 940°).

Сопоставляя термограммы каолинито-гидрогематитовых руд с термограммами гидрогематито-гетитовых руд, можно сделать вывод, что при отчетливом гетитовом эффекте в последних каолинитовый эффект проявляется весьма слабо. Это вполне понятно из того, что содержание каолинита в каолинито-гидрогематитовых рудах доходит до 20—25%, а в гидрогематито-гетитовых рудах содержание его не превосходит 5—10%.

Как показывают микроскопические исследования, в гидрогематито-гетитовых рудах резко преобладающим рудным минералом является гетит.

Дальнейшее выщелачивание остатков кварца, а также каолинита из гидрогематито-гетитовых руд приводит к тому, что содержание железа в них возрастает.

Типично гидрогематито-гетитовыми рудами являются залежи брекчированных «красковых» руд, приуроченных к западному борту синклинальной складки второго Саксаганского пласта (западные параллельные залежи). Среднее содержание железа в них 63% (шахта «Гигант», Рудоуправление им. Дзержинского).

Типично каолинито-гидрогематитовыми рудами являются залежи «красковых» руд, связанные с четвертым сланцевым горизонтом восточного борта складки второго Саксаганского пласта. Среднее содержание железа в этих рудах 55% (шахта «Гигант», Рудоуправление им. Дзержинского).

Характерно, что сланцевый горизонт западного борта складки полностью оруденевает, а в восточном борту имеются все переходы от свежих к слабоокрасκованным сланцам и к каолинито-гидрогематитовым рудам. Кроме того, отчетливо заметно, что «красковые» руды западного борта интенсивно брекчированы, а по восточному борту наблюдаются лишь мелкие надвиговые подвижки. В отдельных прослойках «красковых» руд восточного борта, где надвиговые подвижки приводили к частичному брекчированию руд, отчетливо развиваются изолированные стяжения гетита. Таким образом, процессы гидратации каолинитогидрогематитовых руд до гидрогематито-гетитовых, несомненно, связаны с тектоническими воздействиями, сопровождающими процессы окрасκования.

Отсюда вытекает, что гидрогематито-гетитовые руды являются более поздними образованиями и они развивались в меру проявления более поздних тектонических воздействий на уже сформированные каолинито-гидрогематитовые руды и окрасκованные сланцы.

В том случае, когда среди сланцевых прослоев наблюдаются роговиковые прослои, они оруденевают в меру того, насколько они содержали железистые силикаты. Иногда в таких роговиковых прослоях содержится незначительное количество сидерита. В процессе образования «красковых» руд свободный кварц из роговиковых прослоев полностью выносится точно так же, как и из сланцевых прослоев. Какого-либо метасоматоза тонкодисперсного гематита по кварцу, как это указывает Я. Н. Белевцев, здесь нет. Это совершенно ясно из анализа процессов, описанных выше. Больше того, мы утверждаем, что нет в природе условий, при которых метасоматоз кварца тонкодисперсным гематитом был бы возможен.

Исследуя процессы образования «красковых» руд и устанавливая естественную стадийность в них, мы особенно подчеркиваем, что какой-либо миграции железа в исходных породах при образовании «красковых» руд не происходит. Таким образом, по нашему мнению, накопление железа в «красковых» рудах является следствием метасоматического типа обогащения.

В связи с этим особое значение приобретает сравнительное исследование удельных, объемных весов и пористости исходных пород и «красковых» руд.

Определение объемных, удельных весов и пористости аспиднохлоритовых сланцев по третьему и четвертому сланцевым горизонтам дали следующие результаты (табл. 12).

Таблица 12

№ пробы	Название породы	Место взятия пробы	Объемный вес	Удельный вес	Пористость в %
1314	Аспидно-хлоритовый сланец	Шахта „Гигант", горизонт 220 м	2,63	2,81	6,41
2414	То же	Рудоуправление им. Кирова, горизонт 326 м	2,67	2,80	3,64
2417а	„	Рудоуправление им. Фрунзе, шахта 3	2,69	2,81	4,27
		Среднее . . .	2,68	2,81	4,77

Массовое определение объемных, удельных весов и пористости «красковых» руд, проведенное по разным рудникам бассейна, дало результаты, приведенные в табл. 13.

Таблица 13

Название рудника	Количество проб	Объемный вес	Удельный вес	Пористость в %
Шахта № 10	109	2,87	3,35	14,3
„ „1 мая"	26	3,24	4,28	22,7
„ „Гигант"	66	3,18	3,89	18,3
„ „	13	3,12	3,81	18,1
„ „Коммунар"	22	2,99	3,92	29,7
„ „	14	2,79	3,59	22,3
Рудоуправление им. Кирова . . .	21	3,27	4,26	23,2
„ им. Либкнехта . .	13	3,04	4,16	26,9
„ им. Коминтерна . .	79	3,4	—	26,0
„ им. Орджоникидзе	5	3,6	—	24,0
Среднее . . .	368	3,15	3,90	21,9

В качестве промежуточного образования были исследованы окрашованные сланцы шахты «Гигант». Результаты этого исследования показали, что при объемном весе 2,69 и удельном весе 3,07 пористость окрашованного сланца равна 14,77%. Таким образом, пористость растет от 4,77% (в аспидно-хлоритовых сланцах) до 21,9% в «красковых» рудах.

Такое резкое увеличение пористости является результатом разрушения силикатов с одновременным выносом кремнезема. Изменение содержания кремнезема происходит от 57,2% (среднее содержание кремнезема в аспидно-хлоритовых сланцах) до 7% (среднее содержание кремнезема в «красковых» рудах). Окрашование сланца, как и следовало ожидать, занимает промежуточное положение по содержанию кремнезема. Анализ окрашованного сланца на шахте «Гигант» показывает содержание кремнезема, равное 36,9%.

Предварительные подсчеты теоретической пористости, которой должны были бы обладать аспидно-хлоритовые сланцы, подвергшиеся процессу окрашования, показывают, что современная пористость «красковых» руд в два-три раза меньше теоретической. Такое несоответствие пористости, фактической и теоретической, является следствием сжатия оруденевшей толщи пород под воздействием более поздних тектонических процессов. Геологические наблюдения в Криворожском, а также в Кременчугском бассейнах показывают резкое уменьшение мощностей железистых пород в зонах оруденения. Явления последующего сжатия отчетливо проявляются и при исследовании гидрогематито-мартитовых и мартитовых руд и поэтому последующее сжатие «красковых» руд не вызывает сомнения.

Таким образом, в результате воздействия гипергенных процессов в зоне окисления высокоподнятых над уровнем моря аспидно-хлоритовых сланцев, имевших в среднем 11—12% железа, возникли «красковые» руды с содержанием 55—63% железа.

Мы считаем необходимым еще раз подчеркнуть, что формирование «красковых» руд, по нашему мнению, происходило после первой фазы тектонических процессов в отличной от современных условий тектонической обстановке.

В последующее историческое существование «красковые» руды подвергались повторным воздействиям гипергенных процессов. Результатом этих воздействий явилось некоторое изменение минерального состава руд. Так, в «красковых» рудах появились явно более поздние эпигенетические карбонаты и гетиты. Но все последующие изменения «красковых» руд имеют узко локальный характер и сколько-нибудь существенного значения не имеют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Типы рудных полей криворожских железорудных месторождений и соображения о генезисе железных руд. Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 2.
2. Белевцев Я. Н. Происхождение железных руд Саксаганского района Кривого Рога. Геологический журнал АН УССР, 1953, т. XIII, в. 3.
3. Гинзбург И. И. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала. Труды Института геол. наук, ч. I, в. 8, 1946.
4. Гинзбург И. И. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала. Труды ИГН АН СССР, в. 81, 1947.
5. Гершойг Ю. Г. О природе рудного минерала так называемых красковых руд Криворожья. Литературный сборник Московского геол. об-ва, № 5, 1951.
6. Кротов Б. П., Успенский Н. А., Подситник А. А., Рыловник В. П., Роде Е. Я. Железорудные месторождения Алапаевского типа на восточном склоне Среднего Урала и их генезис. АН СССР, 1936.
7. Мартыненко Л. И. К вопросу об образовании богатых руд Кривого Рога. Ученые записки Черновицкого гос. университета, т. 8, в. 2, 1950.

М. Н. ДОБРОХОТОВ

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ КРЕМЕНЧУГСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вопросы генезиса Кременчугского месторождения представляют, несомненно, большой практический интерес. Знание условий образования богатых руд этого месторождения могло бы способствовать улучшению постановки поисковых работ, проводимых в районе с задачей открытия новых аналогичных месторождений. Очень крупное значение имеют вопросы генезиса для установления правильной методики разведочных работ на самом месторождении для изучения, например, взаимоотношений между типами руд, выяснения закономерностей в изменении их химического состава.

Разгадка генезиса Кременчугского месторождения способствовала бы повышению эффективности поисковых работ и в других аналогичных железорудных районах. Наконец, разработка вопросов генезиса Кременчугского месторождения могла бы иметь положительное значение и для улучшения методики изучения аналогичных месторождений Криворожского бассейна.

Мартитовые и мартито-гидрогематитовые руды составляют главную часть промышленных запасов Криворожского бассейна.

По вопросу генезиса мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд Кривого Рога было высказано несколько точек зрения. Не останавливаясь на старых гипотезах, предложенных в свое время П. П. Пятницким и И. И. Танатаром, не находящих сейчас признания, рассмотрим новые точки зрения. Они были высказаны в последние годы Н. П. Семененко, Ю. Г. Гершойгом и Я. Н. Белевцевым. Согласно этим точкам зрения, все богатые железные руды Криворожского бассейна, в том числе и тонкопористые рыхлые мартитовые, мартито-гидрогематитовые и гидрогематитовые руды центральной части Криворожья, представляют собой гидротермальные образования. Н. П. Семененко связывает рудообразование с так называемой третьей фазой тектогенеза, фиксирующейся сейчас в виде поперечных открытых складок. Считается при этом, что рудообразующие растворы носили щелочной характер. При своем движении снизу вверх они выносили из железистых кварцитов кремнезем и частично замещали его магнетитом.

Как указывает Ю. Г. Гершойг, «щелочные растворы действовали главным образом в пределах толщ железисто-кремнеземистых пород; сланцевые горизонты, очевидно, были для них труднопроницаемы». Источником щелочных гидротерм считаются кислые интрузии, не выходящие на дневную поверхность.

Расхождение во взглядах между указанными исследователями заключается лишь в вопросе трактовки процессов мартитизации руд и железистых кварцитов, а также в вопросе трактовки образования гидрогематита. По мнению Ю. Г. Гершойга, процессы окисления магнетита и перевод

его в мартит и процессы окрасковання, т. е. процессы разложения силикатов с образованием гидрогематита и глинистого вещества, протекали в условиях древнего постпротерозойского поверхностного выветривания.

Иной точки зрения на причины мартитизации и на образование гидрогематита придерживается Я. Н. Белевцев. В своей последней работе он решительно выступил в защиту мартитизации как гидротермального процесса. Образование гидрогематита, по его мнению, происходило при гидротермальных процессах, так как гидрогематитовые руды располагаются на тех же путях движения гидротерм, которые привели к образованию мартитовых руд. В качестве довода о гипогенном характере гидрогематита он указывает на нахождение этого минерала на глубинах свыше 1000 м. По Я. Н. Белевцеву, образование мартитовых и мартито-гидрогематитовых и гидрогематитовых руд центральной части Криворожья произошло в результате гидротермальных процессов.

Следовательно, с точки зрения Я. Н. Белевцева, нет принципиальных различий между мартитовыми, гидрогематито-мартитовыми и гидрогематитовыми рудами центральной части Криворожья и магнетитовыми рудами Желтореченского района Криворожского бассейна, которые, согласно его мнению, принадлежат к гидротермальным образованиям.

Различие в минералогическом составе руд этих месторождений объясняется Я. Н. Белевцевым тем, что рудные растворы имели неодинаковый состав, и процессы рудообразования протекали в разных физико-химических условиях (разные фазы гидротермального процесса).

Гипотезы о гидротермальном происхождении мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд встречают, однако, серьезные возражения. Они не объясняют, например, локализации этих руд в замках крупных синклинальных складок, что так хорошо проявлено в ряде криворожских месторождений. При гидротермальном процессе богатых железных руд налицо была бы связь оруденения с тектоническими разломами, а минералогический состав руд характеризовался бы не только остаточными минералами железистых кварцитов, но и новыми минеральными ассоциациями, свойственными гидротермальным образованиям. Доводы Я. Н. Белевцева о гипогенной мартитизации магнетитовых кварцитов противоречат обычным представлениям о природе этих процессов и покоятся лишь на факте глубокого распространения мартитизированных пород. Не подкреплены фактическими доказательствами и утверждения Я. Н. Белевцева о гидротермальном генезисе гидрогематитовых руд.

Весь имеющийся материал, наоборот, свидетельствует о вторичной природе этого минерала и образовании его за счет разложения железистых хлоритов, железистых амфиболов и железистых карбонатов. Привлекать гидротермы для объяснения образования таких гидроокислов железа, как гидрогематит, очевидно, нет надобности, в особенности если учесть, что продуктами разложения указанных выше минералов являются не только гидрогематиты, но и гидрогетиты, как это доказано термическими исследованиями мартито-гидрогематитовых и гидрогематитовых руд рудоуправления им. Дзержинского в Криворожском бассейне.

Опыт изучения Кременчугского месторождения позволяет высказать нам иной, по нашему мнению, более правильный взгляд на генезис мартитовых, мартито-гидрогематитовых и гидрогематитовых руд, развитых в толще железистых кварцитов среднего отдела Криворожско-Кременчугской метаморфической серии. Богатые железные руды на Кременчугском месторождении залегают согласно среди крутопадающей толщи железистых кварцитов в виде отдельных рудных тел различной мощности (от 2 до 10—12 м и более) и уходят на значительную глубину (скважинами установлена пока глубина в 500 м).

По нашему мнению, эти руды представляют собой образования древней (докембрийской или ранее — палеозойской) коры выветривания и их возникновение связано с циркуляцией нисходящих поверхностных растворов. Для правильного понимания условий образования богатых железных руд Кременчугского месторождения необходимо учитывать, что территория района месторождения на протяжении всего палеозоя, а возможно также и верхнего протерозоя, являлась, повидимому сушей. Это обстоятельство предопределило длительность воздействия экзогенных факторов на железистые кварциты и другие докембрийские породы, выходившие на дневную поверхность.

Можно при этом допустить, что существовали необходимые условия для очень глубокой циркуляции поверхностных вод. Такие условия могли создаться на восточном крыле Галещинского синклинала при наличии разницы в гидростатическом давлении на восточном и западном крыльях структуры благодаря особенностям древнего рельефа. Путями для глубокой циркуляции поверхностных вод служили пласты трещиноватых железистых кварцитов. В противоположность этому сланцевые толщи являлись водоупорными. При таких условиях движение грунтовых вод могло носить артезианский характер, с захватом очень больших глубин, в соответствии с глубиной погружения замка синклинальной структуры, где процессы рудообразования могли протекать особенно сильно.

В своей основе процессы образования руд в некоторых случаях сводились, повидимому, к простому выщелачиванию поверхностными водами кварца из железистых кварцитов. Таким образом, возникли мартитовые («синьковые») руды, отличающиеся исключительной пористостью и представляющие собой нередко даже рыхлые образования. Процессы выщелачивания поверхностными растворами кварца сопровождались, естественно, окислением магнетита, входившего в состав железистых кварцитов. Наряду с выщелачиванием кварца в зоне выветривания протекали процессы разрушения и других минералов. Наиболее неустойчивыми в зоне окисления являлись, очевидно, карбонаты и железистые силикаты. Как установлено, эти минералы играли весьма существенную роль в составе магнетитовых разностей железистых кварцитов, подвергавшихся выветриванию. Можно считать вполне доказанным, что количество железистых неокисленных кварцитов кременчугской продуктивной толщи (K_2^2) составляет не менее 10—15%.

Следуя А. Е. Ферсману, можно полагать, что ход процессов в древней зоне гипергенеза во многом определялся величиной концентрации водородных ионов в поверхностных растворах и величиной кислородного потенциала.

Поверхностные нисходящие растворы, проникавшие в толщу железистых пород, обладали в самых верхних горизонтах зоны выветривания сравнительно низкими значениями pH. По своему химическому составу поверхностные растворы самых верхних горизонтов, по всей верятности, не отличались существенно от дождевых вод. Для них являлось характерным высокое содержание углекислоты и кислорода, хотя соотношения между этими компонентами, возможно, были иные по сравнению с современными дождевыми водами. Воздействие этих растворов на железистые кварциты сводилось прежде всего к окислению магнетита, а также к разрушению железистых силикатов и карбонатов. Силикаты и карбонаты, содержавшие закись железа, распадались, образовывались окислы железа, а находящиеся в силикатах основания (кальций, магний и др.) растворялись, переходили в раствор и уносились вниз в виде бикарбонатов.

Таким образом, в верхних горизонтах коры выветривания, характеризовавшейся сравнительно невысокими значениями pH и наличием свободного кислорода, превалировали процессы окисления и растворения рудных, карбонатных и силикатных частей.

Наблюдаемые сейчас окисленные разности железистых пород дают достаточно ясное представление о процессах, развивавшихся ранее в верхних горизонтах зоны выветривания. На месте присутствовавшего магнетита развился мартит, нежелезистые разности карбонатов были, видимо, целиком вынесены. На месте присутствовавших хлоритов и куммингтонита остались лишь реликты в виде красной окиси железа или каолинита. Ранее присутствовавшие в железистых кварцитах сидериты и анкериты частично были вынесены, а частично перешли, так же как и силикаты, в красные окислы железа. По мере проникновения поверхностных растворов вниз менялся их характер. Вследствие увеличения с глубиной количества растворенных карбонатов и уменьшения в растворах содержания свободной CO_2 величина pH в растворах возрастала. Ввиду таких изменений они приобретали на глубине способность к растворению и выщелачиванию кремнезема.

В своем чистом виде этот процесс особенно широко проявился на некоторых участках, где весь содержавшийся в железистых кварцитах кварц был вынесен, и на месте этих пород возникли тонкопористые руды, первоначально, возможно, магнетитового состава, с сохранением всех текстурных особенностей железистых кварцитов. В противоположность кварцу присутствовавшие среди этих кварцитов хлориты и амфиболы не подвергались полному растворению. Они переходили в водные, лишенные железа, алюмосиликаты, преимущественно в каолинит.

Микроскопическое изучение богатых мартитовых руд показывает, что нерудные примеси в рудах представлены иногда только одним этим минералом. Ход геохимических процессов в глубоких горизонтах зоны гипергенеза характеризовался не только тем, что поверхностные воды растворяли и выносили кремнезем. Наряду с растворением кремнезема на глубоких горизонтах неизбежно должны были осуществляться процессы выпадения карбонатов из растворов. Осаждение карбонатов вызывалось увеличением pH. Как известно, уже при pH, равном 7, карбонаты железа становятся неустойчивыми в растворе. Известно также, что при более значительной концентрации водородных ионов из растворов начинают выделяться карбонаты магния и кальция.

Таким образом, в условиях высокой концентрации водородных ионов (pH) процессы выщелачивания кремнезема сопровождались выпадением из растворов карбонатных соединений и отложением их на месте кварцевых прослоев. Процесс растворения кремнезема и отложения карбоната шел метасоматическим путем. Так возникли, повидимому, руды зоны цементации, состоявшие из тонкого переслаивания магнетитовых (мартитовых) и сидеритовых прослоев. В своем неизменном виде эти руды нам пока неизвестны на Кременчугском месторождении, однако аналоги таких руд уже вскрыты на других участках Кременчугской аномалии и на некоторых участках правобережных аномалий.

Аналогом таких руд являются магнетито-сидеритовые кварциты, некоторых скважин южной оконечности Кременчугской магнитной аномалии. Эти разности кварцитов, состоящие из тонкого чередования рудных магнетитовых и сидеритовых прослойков, залегают непосредственно под толщей осадочных пород и явно связаны в своем образовании с проникновением из осадочной толщи карбонатных соединений железа и замещением сидеритом кварцевых прослойков в магнетитовом кварците. С глубиной эти магнетито-сидеритовые кварциты сравнительно быстро пере-

ходят по падению в обычные разности железистых кварцитов, состоящие из магнетитовых и кварцевых прослойков. В связи с общим понижением базиса эрозии и понижением кислородной поверхности первичные магнетито-сидеритовые руды со временем вовлекались в зону окисления и превращались во вторичные руды мартито-гидрогематитового состава, в которых тонкие мартитовые прослои чередуются с гидрогематитовыми прослоями. Именно эти руды нам и известны сейчас на месторождении.

С точки зрения высказанных суждений о ходе геохимических процессов, гидрогематит в этих рудах необходимо рассматривать в качестве вторичного минерала, развившегося по ранее присутствовавшему железистому карбонату. Таким же путем образовались и гидрогематитовые руды, представляющие собой рыхлые глиноподобные образования, состоящие из гидрогематита и глинистых минералов — каолинита и бейделлита. Особое место в минералогическом составе окисных руд Кременчугского месторождения занимает пирит. В отношении этого минерала в Криворожье были высказаны также мнения о его гидротермальном генезисе. Ю. Г. Гершойг связывал, в частности, проявление пирита в окисленных рудах с так называемой третьей фазой жильных гидротерм.

Однако имеющиеся материалы по Кременчугскому месторождению ясно указывают, что пирит в окисных рудах, так же как и марказит, представляет собой гипергенный минерал. В обильном количестве он встречается в рудах лишь в верхних горизонтах, часто непосредственно под осадочными породами. Имеющиеся материалы не оставляют никаких сомнений и об источнике сернокислых растворов. Источником этих растворов являлись многочисленные конкреции и скопления пирита в осадочной породе. Разведочные скважины во многих случаях установили в основании палеогеновых и триасовых отложений наличие пиритовых песчаников и осадочных брекчий с пиритовым и сидеритовым цементом. Важно отметить, что одновременно с инфильтрацией из осадочной толщи пирита иногда в очень широких масштабах происходил также процесс выноса из осадочных пород и карбонатов. Преимущественно выносились карбонаты кальция, но иногда вместе с кальцием интенсивно выносились карбонаты магния и железа. Этот процесс привел к образованию так называемых карбонатно-мартитовых руд. Эти руды имеют вторичный характер по отношению к мартитовым и мартито-гидрогематитовым рудам. Как указывалось, эти руды приурочены большей частью к самым поверхностным горизонтам и располагаются на головах мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд, непосредственно под осадочными породами. Возникновение этих руд было, таким образом, связано с отложением выпадающих карбонатов в порах, пустотах и трещинах мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд.

Высказанная точка зрения на условия образования богатых мартитовых и мартито-гидрогематитовых руд по-новому освещает взаимоотношения между типами руд и наблюдаемыми минералогическими ассоциациями. По-новому также освещаются вопросы, связанные с оценкой оруденения на глубину. При гипергенном генезисе богатых железных руд становится понятной приуроченность наиболее значительных скоплений этих руд к замкам синклинальных кладок. В пределах замковых частей синклинальных структур поверхностные растворы задерживались и наиболее полно, вследствие этого, воздействовали на железистые кварциты. Особенно сильно это воздействие могло осуществляться в тех случаях, когда поверхностные растворы двигались вниз вдоль шарниров. Артезианский характер движения поверхностных растворов предопределил возможность очень глубокого распространения богатых железных руд (на отдельных участках они распространяются на глубину на многие сотни метров).

В Криворожье уже доказано буровыми скважинами развитие богатых окисных руд на глубинах свыше 1000 м.

Соображения о гипергенном генезисе богатых мартитовых руд не являются новыми. В пользу гипергенного генезиса руд Кривого Рога еще в 1938 г. высказывался А. Г. Загянский, а в 1950 г.— Л. И. Мартыненко. А. Г. Загянским были высказаны лишь в самой общей форме соображения о гипергенном генезисе богатых железных руд Кривого Рога, без рассмотрения доказательств в пользу такой точки зрения. Подробнее вопросы гипергенного генезиса руд Кривого Рога были разработаны Л. И. Мартыненко. Значительная часть выдвинутых им положений находит свое полное подтверждение и в приложении к Кременчугскому месторождению. Справедливы, например, его наблюдения о явлениях сжатия рудоносных толщ при развитии в них богатых руд. Эти явления до последнего времени не привлекали к себе надлежащего внимания, хотя с этими сжатиями, несомненно, имели место значительные присадки в породах висячего бока рудных тел. Возможно, что в ряде случаев эти присадки принимались даже за тектонические явления.

Однако общий ход процесса рудообразования (время и условия его проявления) обрисован Л. И. Мартыненко не вполне правильно. Он считает, что процессы рудообразования происходили во время перерыва между отложениями верхнего и среднего отделов Криворожской серии кристаллических пород, когда железистые породы среднего отдела были еще сравнительно слабо дислоцированы. В соответствии с такой точкой зрения на возраст богатых мартитовых руд он рассматривает магнетитовые руды Желтореченского района Криворожского бассейна в качестве метаморфизованных аналогов мартитовых руд.

Такие представления о возрасте мартитовых руд нам кажутся недостаточно обоснованными. По нашему мнению, образование богатых мартитовых руд происходило уже после того, как были сформулированы все основные складчатые структуры и после внедрения интрузий.

Вызывают возражения и некоторые отдельные положения, выдвинутые в работе Л. И. Мартыненко. Нельзя, например, согласиться с Л. И. Мартыненко, что гидрогематитовые прослои в мартито-гидрогематитовых богатых рудах возникли за счет изменения силикатно-сланцевых прослоев, ранее присутствовавших среди роговиков (железистых кварцитов). Как показало изучение рудоносных толщ за пределами месторождения и в пределах самого месторождения, такие прослойки сланцев среди железистых кварцитов крайне редки. Изменение этих прослоев в зоне выветривания могло дать начало лишь единичным гидрогематитовым прослоям. В главной своей части гидрогематитовые прослои, обычно превалирующие над мартитовыми, образовались иным путем. Как уже было показано выше, их возникновение надо связывать с окислением ранее присутствовавших среди роговиков тонких прослоев железистых кварцитов.

В общем, согласно нашим взглядам, Кременчугское месторождение, так же как и аналогичные месторождения Саксаганской полосы Криворожья, следует отнести к месторождениям поверхностного (гипергенного) генезиса, которые образовались в результате процессов выветривания толщи железистых кварцитов. При выветривании из этих кварцитов поверхностными водами были выщелочены нерудные (кварцевые и отчасти силикатные) прослои и в толще железистых кварцитов остались одни лишь железистые прослои, которые одновременно с выносом кварца и частично других силикатов были окислены, изменены и приняли современный минералогический облик богатых железных руд Криворожского месторождения.

Я. М. ГРИЦКОВ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОПЕЛЬНАСТОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ЕГО ГЕНЕЗИСЕ

Попельнастовское железорудное месторождение расположено на северном продолжении Криворожского железорудного бассейна. Приурочено оно к восточной полосе правобережных магнитных аномалий, которая прослеживается в меридиональном направлении узкой полосой от крайнего северного, в Криворожском бассейне, рудника им. Буденного до Днепра, на протяжении около 75 км. Далее к северу, на Левобережной стороне Днепра, после небольшого перерыва, эта полоса под названием Кременчугской магнитной аномалии прослеживается в том же направлении еще на 30—35 км.

На протяжении последних 5—8 лет восточная полоса магнитных аномалий являлась объектом постановки широких геологопоисковых работ, в результате которых в 1950 г. Кременчугской экспедицией было открыто Кременчугское железорудное месторождение и в 1951 г. Правобережной экспедицией было открыто новое Попельнастовское железорудное месторождение.

В административном отношении Попельнастовское железорудное месторождение расположено на территории Краснокаменского района Кировоградской области.

Географические координаты его следующие: 48°30′ северной широты; 33°37′ восточной долготы.

От ближайшего города и крупного железнодорожного узла Пятихатки месторождение удалено на 25 км.

Попельнастовское месторождение находится между Желтореченским и Кременчугским железорудными месторождениями. Желтореченское месторождение (рудник им. Буденного) расположено в 30 км к югу от Попельнастовского месторождения, Кременчугское — в 60 км к северу от него.

В геологическом строении Попельнастовского месторождения принимают участие докембрийские породы, представленные Криворожской серией. Эти древние образования перекрываются толщей кайнозойских отложений мощностью до 50—70 м.

Породы Криворожской серии, как и в других районах Криворожского железорудного бассейна, в районе Попельнастовского месторождения делятся на три отдела: нижний, средний и верхний.

Нижний отдел Криворожской серии почти не участвует в строении Попельнастовского месторождения. К этому отделу отнесены лишь кварцево-биотитовые и биотито-хлоритовые сланцы, вскрываемые в восточной части месторождения и располагающиеся ниже талькового горизонта среднего отдела.

Средний отдел наиболее широко представлен на месторождении. Он делится на два горизонта: нижний — сланцевый и верхний — железистый.

Исключение составляет тальковый горизонт, который является переходным между нижним и средним отделами Криворожской серии. Тальковый горизонт залегает в основании железорудной формации и представлен хлорито-тальковыми и тальковыми сланцами, переслаивающимися с хлорито-биотитовыми и хлоритовыми сильно карбонатизированными сланцами.

Непосредственно на тальковом горизонте залегает сланцевый горизонт среднего отдела, представленный сланцево-роговиковой толщей, состоящей из гранато-биотитовых, гранато-амфиболовых сланцев и их переходных разностей, переслаивающихся с безрудными и слаборудными амфиболо-магнетитовыми роговиками.

Железистый горизонт согласно залегает на сланцево-роговиковой толще. Сложен он мартито-железнослюдковыми джеспилитами, к висячему боку которых приурочены залежи богатых железных руд.

Джеспилиты Попельнастовского месторождения имеют полосчатую текстуру, обусловленную чередованием рудных мартито-железнослюдковых прослоев толщиной от 1—3 мм до 0,5—1 см, с безрудными кварцево-роговиковыми прослоями примерно такой же толщины.

Минералы из группы силикатов в составе этих пород не встречаются или присутствуют в очень незначительных количествах, чем они и отличаются от железистых роговиков других горизонтов.

Верхний отдел Криворожской серии на Попельнастовском месторождении представлен надрудными кварцитами и кварцево-серицитовыми, углисто-глинистыми и глинисто-слюдистыми сланцами.

Породы верхнего отдела без видимого несогласия залегают на железистом горизонте среднего отдела. Верхний отдел делится на два горизонта — кварцитовый и сланцевый.

Кварцитовый горизонт является нижним горизонтом верхнего отдела и, в свою очередь, разделяется на собственно кварцитовую толщу и толщу кварцево-серицитовых сланцев.

Кварцитовая толща несогласно залегает непосредственно на породах железорудной формации среднего отдела. Эта толща представлена сливными или белыми кварцитами, изредка слегка рассланцованными. На отдельных участках кварцита отмечается слабо выраженная полосчатость, обусловленная неравномерной окраской породы.

Значительная часть выявленных рудных залежей на месторождении приурочивается непосредственно к контакту кварцитов верхнего отдела с джеспилитами среднего отдела.

Толща кварцево-серицитовых сланцев представлена кварцево-серицитовыми серебристыми сланцами, залегающими как на кварцитовой толще, так и среди кварцитов этой толщи.

Сланцевый горизонт верхнего отдела представлен углисто-глинистыми и глинисто-слюдистыми сланцами. В лежачем боку глинисто-слюдистых сланцев залегает толща железистых роговиков, в верхних горизонтах интенсивно карбонатизированных и гидрогематизированных. Эта толща состоит из переслаивающихся между собой охристых, табачного цвета глинисто-слюдистых сланцев и мартито-гидрогематитовых силикатных роговиков. Общая мощность этой толщи на месторождении не превышает 16—18 м.

Углисто-глинистые и глинисто-слюдистые сланцы в пределах Попельнастовского месторождения имеют самое широкое распространение. Макроскопически это сильно измененные («гнилые») зеленовато-серые

или желтовато-серые, а для углистых разностей—темносерые, часто бесструктурные, а иногда со слабо выраженной реликтовой сланцеватостью породы, при нажиме легко рассыпающиеся в порошок.

Состоят глинисто-слюдистые сланцы в основном из каолинита, реликтов слюдистых минералов и кварца. Для этих сланцев характерно присутствие в них гидроокислов железа и сидерита.

Углисто-глинистые сланцы от глинисто-слюдистых отличаются лишь присутствием в них углистого вещества, содержание которого достигает иногда 25%.

К интрузивному комплексу пород относятся серые и розовые граниты, имеющие широкое распространение как в западной, так и в восточной частях месторождения. Установление активного (магматического) контакта серых плагиогранитов с биотито-хлоритовыми и хлорито-тальковыми сланцами указывает на более молодой их возраст по отношению к метаморфическому комплексу пород и, в частности, к породам нижнего отдела.

В свою очередь, розовые граниты являются более молодыми по отношению к серым гранитам, так как в ряде случаев было установлено, что серые граниты и их мигматиты повсеместно секутся розовыми гранитами.

В табл. 1 приводится стратиграфическая схема докембрия Попельнастовского железорудного месторождения.

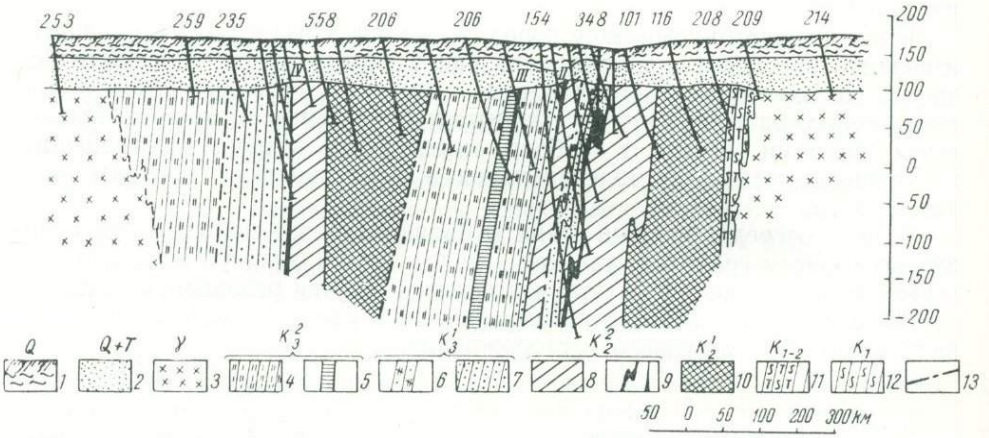
Таблица 1

Периоды (система)	Отдел	Горизонт	Толща	Литологический состав	Мощность в м
			Розовые и серые граниты и их мигматиты		
Криворожская серия (К)	Верхний отдел ($К_3$)	Сланцевый $К_3^2$	Глинистых сланцев	Углисто-глинистые и глинисто-слюдистые сланцы	700
			Железистых роговиков	Мартито-гидрогематитовые роговики и мартито-гидрогематитовые руды, карбонатизированные	16—18
				Охристые табачного цвета сланцы	
		Кварцитовый $К_3^2$	Кварцево-серицитовых сланцев	Кварцево-серицитовые серебристые сланцы, участками с углистой пылью	2—20
			Кварцитов	Белые и светлоокрашенные сливные и зернистые кварциты	15—70
			Перерыв		
Криворожская серия (К)	Средний отдел ($К_2$)	Железистый $К_2^2$	Джеспилитов	Мартито-железнослюдковые джеспилиты и мартито-железнослюдковые руды	60—120
		Сланцевый $К_2$	Сланцево-роговиковая	Амфиболо-магнетитовые роговики с прослоями сланцев, а также биотитовые, амфиболовые и амфиболо-биотитовые сланцы	10—110
	$К_{1-2}$	Тальковый $К_{1-2}$	—	Тальковые и хлорито-тальковые сланцы	10—120
	Нижний отдел ($К_1$)	Сланцевый		Биотито-хлоритовые и кварцево-биотито-хлоритовые сланцы	10
			Перерыв		
Архей (А)			Граниты, гнейсы		

В геоструктурном отношении Попельнастовское месторождение представлено в виде очень сложной синклинальной складки, осложненной чешуйчатыми надвигами.

В строении месторождения принимает участие, повидимому, только восточное крыло складки, сложенное последовательно с востока на запад:

а) нижним отделом, представленным кварцево-хлоритовыми и хлорито-биотитовыми сланцами, срезаемыми к востоку гранитами (фиг. 1);



Фиг. 1. Геологический разрез Попельнастовского месторождения по разведочной линии XVI

1 — суглинки лессовидные и глины краснобурые, известковистые (Q); 2 — пески светло-серые, кварцевые и пески глауконитовые зеленовато-серые, глинистые (Q + T). Породы Криворожской свиты: 3 — розовые и серые граниты и их магматиты (γ). Верхний отдел (K_3): 4 — горизонт углисто-глинистых и слюдисто-глинистых сланцев; 5 — толща железисто-силикатных роговиков; 6 — толща кварцево-серицитовых, серебристых сланцев; 7 — толща светлосерых кварцитов. Средний отдел (K_2): 8 — железистый горизонт мартито-железнослюдковых джеспилитов; 9 — богатые железистые руды; 10 — горизонт силикатных магнетитовых роговиков, переслаивающихся со сланцами; 11 — горизонт тальковых и хлорито-тальковых сланцев. Нижний отдел (K_1): 12 — горизонт биотито-хлоритовых и кварцево-биотито-хлоритовых сланцев; 13 — линия тектонических нарушений; I—IV — зоны оруденения

б) средним отделом, сложенным породами талькового горизонта и породами сланцево-роговиковой толщи, а также мартито-железнослюдковыми джеспилитами железистого горизонта;

в) верхним отделом, представленным надрудными кварцитами и кварцево-серицитовыми сланцами.

Далее проходит вторая чешуя, где отмечается повторение пород сланцево-роговиковой толщи среднего отдела, на которой залегают джеспилиты среднего отдела и еще выше — кварциты и сланцы верхнего отдела.

Еще далее к западу проходит третья чешуя, которая сложена внизу породами сланцево-роговиковой толщи и джеспилитами среднего отдела. На последние несогласно налегают кварциты и кварцево-серицитовые сланцы верхнего отдела, еще выше — слюдисто-глинистые и углисто-глинистые сланцы этого же отдела. К западу породы верхнего отдела, так же как и породы нижнего отдела в восточной части месторождения, срезаются розовыми гранитами.

По своей структуре Попельнастовское месторождение может быть сопоставлено с наиболее дислоцированными в Криворожье.

Непостоянство мощностей пород и рудных залежей как по простиранию, так и по падению, раздувы и пережимы до полного выклинивания их, выпадение отдельных горизонтов, объясняются исключительно сложной структурой и тектоникой месторождения.

Кроме наличия крупных разломов надвигового и взбросового типов, в результате проявления пликативной и дизъюнктивной дислокаций пласты пород собраны в складки второго и более мелких порядков, вплоть до микроскладок.

Повсеместно на месторождении наблюдаются микросмещения полосчатости по плоскостям разрыва.

На месторождении выявлены четыре зоны оруденения, из которых самая восточная названа первой зоной оруденения и крайняя западная — четвертой зоной оруденения.

Первая, вторая и четвертая зоны оруденения или рудные зоны относятся к одному и тому же стратиграфическому горизонту и залегают в висячем боку толщи джеспилитов среднего отдела.

Третья рудная зона залегает в сланцах верхнего отдела.

Общее простирание всех зон оруденения субмеридиональное.

Падение железистых пород первых трех зон оруденения не выдержано как по простиранию, так и на глубину и колеблется от 70 до 90° на запад. Многочисленными буровыми скважинами в этих же зонах оруденения устанавливается также и крутое восточное падение с углом 80—90°.

Железистые породы четвертой зоны оруденения в пределах разведанного участка имеют крутое восточное падение под углом 80—90°.

В морфологическом отношении рудные тела Попельнастовского месторождения представлены пластообразными залежами. Прослеживаются они по простиранию от 150 до 650 м.

Истинная мощность рудных залежей при нормальном их залегании была незначительная и, повидимому, не превышала 4—6 м.

Однако в результате интенсивного проявления складчатой тектоники, смявшей породы в крупные и мелкие складки, по всему месторождению отчетливо выделяются частые перегибы в простирании пород. Нередко с этими перегибами связаны крупные раздувы или пережимы рудных залежей, причем мощность их в складчатых зонах на небольших интервалах как по падению, так и по простиранию резко изменяется — от 0,75 до 24,0 м и более.

Рудные залежи, как уже указывалось выше, приурочены или непосредственно к контакту джеспилитов и кварцитов, реже — к контакту джеспилитов и кварцево-серицитовых сланцев верхнего отдела, или залегают в висячем боку толщи джеспилитов среднего отдела.

Контакт мартито-железнослюдковых джеспилитов и богатых железных руд с кварцитами верхнего отдела резкий и неровный.

Контакт богатых железных руд с джеспилитами постепенный и нередко устанавливается только при помощи химических анализов.

Макроскопически мартито-железнослюдковые руды представлены мелкозернистыми, тонкорассланцованными разностями, темносерого или синевато-серого цвета, с сильно выраженным металлическим блеском по плоскостям рассланцевания.

Наиболее бедные разности руды имеют полосчатое сложение, обусловленное наличием в руде кварцево-роговиковых прослоев толщиной от 1—2 мм до 0,5—1 см. В этом случае они ничем не отличаются от джеспилитов и по существу представляют собой богатые железом джеспилиты, в составе которых рудные прослои преобладают над безрудными.

При микроскопическом изучении мартито-железнослюдковых руд устанавливаются следующие минералы: железная слюдка (железный блеск), мартит, кварц, реликты магнетита, гидрогематит, сидерит и лимонит.

Первые три минерала являются основными в составе руды, а остальные находятся в меньшем количестве. Железная слюдка в руде является главным рудообразующим минералом, количество ее в этих рудах дости-

гает 80—90%. Она обычно образует тонкие пластинки и таблички размером от 0,2 до 1,0 мм.

Мартит присутствует главным образом в виде сростков или раскрошенных отдельных зерен. Размеры последних колеблются от 0,1 до 0,5 мм, реже встречаются более крупные зерна.

Количественное содержание мартита в рудах незначительное и в среднем составляет всего 5—10% от всего состава руды. Мартит обычно сохраняет форму магнетитовых зерен и часто содержит реликты последнего.

Кварц в том или ином количестве всегда присутствует в описываемом типе руд. Распределение его в руде является более или менее равномерным.

Магнетит в рудах присутствует в очень незначительных количествах. Как реликтовый минерал он встречается в центре зерен мартита.

Следует отметить, что рудные прослои джеспилитов по своему минералогическому составу совершенно ничем не отличаются от минералогического состава мартито-железнослюдковых руд.

По физическим свойствам мартито-железнослюдковые руды на Попельнастовском месторождении представлены крепкими, хорошо рассланцованными разностями.

Объемный вес руд находится в прямой зависимости от процентного содержания в них железа. При содержании железа в рудах этого типа от 50 до 68% объемный вес колеблется от 3,8 до 4,95% и при содержании железа в них от 46 до 50% объемный вес в мартито-железнослюдковых рудах соответственно снижается и составляет 3,6—3,8.

Ниже приводятся средние значения объемных весов джеспилитов при разных содержаниях в них железа (по данным из 1641 определений по отдельным образцам).

Содержание железа (в %)	Объемный вес
До 35	3,17
35—40	3,40
40—46	3,60

Пористость мартито-железнослюдковых руд и джеспилитов Попельнастовского месторождения не весьма высокая и в среднем не превышает 10%.

Вопрос о генезисе богатых железных руд Попельнастовского месторождения остается пока еще не вполне выясненным.

Существует несколько точек зрения о генезисе криворожских железистых пород и богатых руд. Из них наиболее существенные следующие.

1. Гипотеза осадочного происхождения впервые выдвинута П. П. Пятницким. Железистые роговики и джеспилиты Пятницкий рассматривал как химические осадки. Источником накопления кремнезема и железа, по Пятницкому, явились гнейсы, которые при разложении давали кремнезем и железо, переносимые углекислыми водами. Рудные залежи, по Пятницкому, имеют также осадочное происхождение и являются сингенетическими образованиями с железистыми роговиками; эти залежи, по его мнению, представляют не что иное, как те же роговики и джеспилиты, но имеющие повышенное содержание железа, приобретенное в период осадконакопления.

Он также признает осадочно-метаморфическое образование руд путем дополнительного обогащения железом роговиков и джеспилитов при помощи циркулирующих в толще магнийсодержащих и углекислых растворов.

При этом, с одной стороны, магнийсодержащие растворы выносили из джеспилитов и железистых роговиков кремнекислоту, оставляя железо интактным; с другой стороны, углекислые растворы, циркулирующие из глубоких сланцевых горизонтов, привносили железо и в виде сидерита заполняли пустоты в породе, ранее образовавшиеся вследствие выноса из них кремнезема.

Дальнейшее преобразование этих обогащенных железом участков, по мнению П. П. Пятницкого, свелось к окислению сидерита в магнетит, а затем в гематит.

2. Магматически-инъекционную гипотезу предложил И. И. Танатар. Он отрицает осадочный генезис руд и железистых роговиков и джеспилитов. Образование железистых роговиков и джеспилитов, а также залежей богатых руд он связывает с проявлением магматической деятельности. Рудные залежи, по мнению Танатара, являются эпигенетическими по отношению к железистым породам и образовались в них путем газоводной инъекции.

3. Гидротермально-метасоматическая гипотеза образования богатых руд разработана Н. П. Семененко.

Изучая структуру рудных полей Кривого Рога, Семененко пришел к выводу, что большинство месторождений, в том числе и мартитовые и гидрогематитовые руды центральной части Криворожья, образовались путем гидротермального метасоматоза. В то же время им не отрицается первично-осадочное образование железистых роговиков и джеспилитов.

Рудообразующие растворы при своем движении снизу вверх по зонам разлома и деформаций выносили из железистых кварцитов кремнезем и частично метасоматически замещали его железом, образуя, таким образом, рудные залежи.

Н. П. Семененко связывает рудообразование с третьей фазой тектогенеза, которая, по его мнению, сопровождалась проявлением интрузивной деятельности и формированием поперечных складчатых структур.

4. В последнее время М. Н. Доброхотовым при изучении им Кременчугского железорудного месторождения была высказана точка зрения о гипергенном происхождении мартитовых, мартито-гидрогематитовых и гидрогематитовых руд. Свою точку зрения он распространяет также на все месторождения Криворожья, где встречены руды подобного типа среди железистых пород среднего отдела.

По мнению Доброхотова, мартитовые, мартито-гидрогематитовые и гидрогематитовые руды представляют собой образования древней коры выветривания и связаны в своем возникновении с циркуляцией нисходящих поверхностных растворов.

В верхних горизонтах воздействие этих растворов на железистые породы сводилось, прежде всего, к окислению магнетита, а также к разрушению силикатов и карбонатов. Но по мере проникновения этих растворов на глубину последние приобретали щелочной характер, а отсюда возникла большая способность к растворению и выщелачиванию кремнезема из железистых роговиков и джеспилитов.

В результате такого выщелачивания на отдельных участках весь содержащийся в железистых породах кварц был вынесен, а на месте этих пород возникали тонкопористые руды, нередко с сохранением реликтовой полосчатой текстуры.

Проанализировав все изложенные точки зрения на происхождение богатых железных руд, мы склонны считать генезис руд Попельнастовского месторождения первично-осадочным, с последующим наложением гидротермально-метасоматических процессов.

Эта точка зрения вытекает из следующих соображений.

1. Рудные залежи на месторождении имеют в общем пластообразный характер, с наличием нормального выклинивания по простиранию и на глубину. Нормальная мощность пласта, при протяженности его по простиранию до 650 м, составляет 3—4 м. Иногда эта мощность, вследствие фациального изменения, уменьшается до 1—2 м и меньше, а иногда увеличивается до 8—10 м. Все более значительные мощности на месторождении, по всей вероятности, обусловлены тектоникой.

2. Рудные залежи приурочены к определенному стратиграфическому горизонту — к висячему боку толщи джеспилитов, иногда непосредственно к контакту джеспилитов с вышележащими кварцитами верхнего отдела.

3. Рудный минерал в рудах и в подстилающих или вмещающих их джеспилитах идентичен и представлен железной слюдкой с незначительной примесью мартита и магнетита.

Несмотря на наличие различных взглядов на происхождение богатых железных руд Криворожья никто из геологов (кроме Танатара) не отрицает первично-осадочного образования железистых роговиков и джеспилитов, рудные прослои которых отличаются от залежей руды только лишь мощностью.

Это дает повод предполагать, что физико-химические условия накопления железа в залежах богатых руд и в рудных прослоях джеспилитов были одинаковы. Разница только в том, что образование рудных прослоев в джеспилитах происходило в сравнительно более короткий промежуток времени, чем образование залежей богатых руд.

4. Между рудой и подстилающими ее джеспилитами нередко существуют постепенные переходы и контур их устанавливается лишь по химическим анализам. По существу, бедные руды с содержанием железа менее 50% представляют собой богатые железом джеспилиты, в составе которых рудные прослои преобладают над безрудными.

5. Полное отсутствие на Попельнастовском месторождении в железистых породах среднего отдела процессов гидрогематитизации и окрасковáния не позволяет отнести это месторождение по условиям образования богатых железных руд ни к мартито-гидрогематитовым и гидрогематитовым месторождениям Криворожского железорудного бассейна, ни к Кременчугскому железорудному месторождению, которое также сложено мартито-гидрогематитовыми и гидрогематитовыми рудами.

Незначительная пористость руд Попельнастовского месторождения, близкая к пористости джеспилитов, указывает на слабое развитие процессов гидротермального метасоматоза.

6. О первоначальном химически осадочном происхождении руд Попельнастовского месторождения свидетельствует также микрослоистость руды, обусловленная чередованием тонких прослойков мартита и тонкочешуйчатого гематита — железной слюдки.

В дополнение к изложенному выше следует отметить, что в процессе складкообразования происходило также и перемещение рудного вещества (выжимание, сползание) как более подвижного по отношению к вмещающим породам (кварцитам и слаборудным джеспилитам) в зоны более пониженного давления, что приводило к увеличению или уменьшению мощности пласта, иногда до полного его пережима.

Во время появления тектогенеза в местах изгибов и заворотов пластов возникали ослабленные участки, в которые выжималось рудное вещество, образуя мощные раздувы, вскрываемые на месторождении отдельными скважинами.

Не исключена возможность, что в местах интенсивного проявления тектоники происходило также перемещение или перераспределение руд-

ного вещества и в толще джеспилитов, в результате которого слаборудные разности переходили в рудные, т. е. имело место проявление гидротермального метасоматоза, связанного с рудоносными растворами. Однако такие процессы на месторождении, повидимому, не получили широкого распространения и они являются пострудными.

О наличии процессов гидротермального метасоматоза, связанного, по всей вероятности, с интрузивной деятельностью и метаморфизмом пород, свидетельствуют структуры замещения магнетита мартитом, а также неоднократно наблюдаемые в роговиках и джеспилитах случаи замещения нерудных минералов рудными.

Вопросы генезиса богатых железных руд Попельнастовского месторождения представляют большой практический интерес.

Правильное разрешение этого вопроса позволит в дальнейшем разработать определенную методику разведочных работ не только на Попельнастовском месторождении, но и на других, аналогичных по происхождению, месторождениях Большого Криворожского бассейна.

Правильное понимание условий образования богатых железных руд Попельнастовского месторождения позволит также более критически подходить к оценке месторождений подобного типа, а также во многом будет способствовать улучшению постановки поисковых работ, проводимых с целью открытия новых аналогичных месторождений в изучаемом районе.

В. Д. НОТАРОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

ВОДЫ НАДКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ПОРОД

В пределах Криворожского железорудного бассейна в местах полного развития четвертичной и третичной серии пород, можно выделить до шести водоносных горизонтов.

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен в местах распространения лёссовидных суглинков и отложений террас.

В этом случае горизонт залегает на ископаемой почве или на сильноглинистом (оглеенном) слое суглинков, стратиграфически соответствующем третьему ярусу лёссов. Этот горизонт местами имеет напорный характер (от 0,5 до 2—2,5 м). Водообильность его незначительная. Максимальный дебит в некоторых шурфах составляет 0,5 м³/час. Малый дебит горизонта объясняется слабой водоотдачей обводненных пород. Глубина залегания данного водоносного горизонта 5—10 м. Ввиду близкого залегания от дневной поверхности режим его подвержен резким сезонным колебаниям.

На некоторых участках, расположенных вблизи «кавальеров» (отвалов) и обрушений, описываемый водоносный горизонт обусловливает оползневые явления.

В химическом отношении вода этого горизонта отличается большой жесткостью и минерализацией, главным образом за счет сульфатных соединений.

В табл. 1 приведены результаты химического анализа вод (в мг/л).

Таблица 1

Место взятия образца	Сухой остаток	Cl	SO_4	Жесткость в немецких градусах	
				общая	постоянная
Колодец в районе шахт Первомайского рудоуправления	2065	520	653	61,5	43,5
Сел. Терноватка, колодец на левом берегу р. Саксагань (в усадьбе Лимарь)	4508	1085	1365	100	—
Сел. Чумаковка, правый берег р. Саксагань (колодец в усадьбе Усатенко)	2996	196	1452,5	80,6	—
Источник по левому берегу р. Саксагань у сел. Н.-Павловка	4228	1774,5	354,8	41,8	—

Как видно из таблицы, воды этого горизонта в своем составе имеют главным образом сернокислые, хлоридные и карбонатные соли и относятся по своему характеру к типичным жестким водам осадочных пород.

Приведенная химическая характеристика вод не является постоянной для этого горизонта всего бассейна.

В пределах небольшого участка наблюдается резкое различие в степени минерализации, которая находится в полном соответствии с геоморфологическими элементами района. Так, на плато и древней террасе вода в колодцах обычно сильно минерализована.

Повышенная минерализация вод зависит от большей концентрации гипса в подстилающих и водовмещающих суглинках и от чрезвычайно низкой водоотдачи последних.

Эти воды отличаются значительным непостоянством как в отношении водообильности, так и химического состава.

Малая водообильность этого горизонта также определяется еще и наличием густой сети эрозионных депрессий и карьеров, обрушений в пределах эксплуатационных участков рудников, которые и являются дренирующим фактором.

Формирование первого водоносного горизонта на водораздельных пространствах обусловливается инфильтрацией местных атмосферных осадков, что доказывается зависимостью дебита источников от изменения метеорологических факторов.

Первый водоносный горизонт не может быть рекомендован для централизованного использования ввиду высокой минерализации, непостоянства дебита и чрезвычайно слабой водоотдачи. Он может быть использован лишь для нужд отдельных сельских хозяйств.

Второй водоносный горизонт приурочен к аллювиальным и делювиальным отложениям долин рек и балок. Питается этот горизонт за счет атмосферных вод, залегает на глубине до 2—3 м на первой и второй террасах и до 2—4 м — на третьей террасе. Везде этот горизонт ненапорный, дебит незначительный, качество воды горизонта удовлетворительное.

Во многих населенных пунктах этот горизонт часто используется населением для питьевых и хозяйственных целей.

Для централизованного водоснабжения этот водоносный горизонт также не может быть рекомендован вследствие непостоянства дебита.

Второй водоносный горизонт приурочен также к понтическим трещиноватым известнякам и пескам. На территории Криворожского бассейна этот водоносный горизонт развит в южной части бассейна. Западнее и юго-западнее Криворожского бассейна понтические известняки отличаются повышенной водоносностью в сравнении с южным участком бассейна.

Непосредственно в пределах бассейна понтический водоносный горизонт отличается исключительно слабой водоносностью. Выход источников на поверхность обычно является редким случаем. Но с удалением на юг, т. е. в пределы Южно-Украинского бассейна, понтический водоносный горизонт становится более выдержанным и водообильным.

В южной окраине Криворожского бассейна глубина залегания водоносного горизонта равна 46,6 м над уровнем моря. Качество воды удовлетворительное, она несколько солоноватая, но встречается местами и пресная. Дебит в колодцах от 1 до 2 м³/час.

Питание понтического водоносного горизонта на территории Криворожского бассейна происходит за счет вышележащих грунтовых вод четвертичной толщи.

Третий водоносный горизонт заключен в пористых трещиноватых известняках, а местами в мелкозернистых песках верхнего сармата.

Трещиноватость и карстовые полости в известняках создают благоприятные условия для накопления и циркуляции трещинно-карстовых вод. Однако поскольку толща верхнего сармата весьма непостоянна (в ней часто преобладают глины и глинистые мергели, переслаивающиеся с известняками и песками), то водоносность их ограничена.

В северном районе Криворожского бассейна (с. Веселые Терны) водоносность верхнего сармата ничтожна, но на юге, и особенно на юго-западе от южной оконечности железорудного бассейна, наблюдаются более обильные притоки.

Низкая водоносность верхнего сармата на севере объясняется еще и тем, что отложения эти в какой-то степени дренируются местной эрозионной сетью, в то время как на юге балочная и овражная сети не вскрывают эти отложения, а если и вскрывают, то только в устьевых участках. Таким образом, на больших площадях южнее и юго-западнее Криворожского бассейна водоносный горизонт верхнего сармата почти не дренируется.

Судя по данным скважины, пробуренной у бывшей Ямчитской сельскохозяйственной школы, вода этого горизонта обладает слабым напором (около 2 м), но южнее напор явно увеличивается.

В тех местах, где отсутствует нижележащий среднесарматский водоносный горизонт, местное население многих сел (Ново-Курское, Могилевка, частично Шестерня, Анновка и др.) пользуется водой верхнесарматского горизонта.

Четвертый водоносный горизонт залегает в толще песков и в трещиноватых известняках среднего сармата. Этот горизонт наиболее выдержанный, с дебитом в отдельных колодцах до 2 м³/час и больше. Развит он преимущественно на юг от Кривого Рога. В этом районе большая часть сел (Рахмановка, Скелеватка, Широкое, Могилевка, Андреевка, Ново-Курское) и поселок Ингулецкого рудоуправления пользуются водами отложений среднего сармата.

При максимальных уровнях залегания пластов среднего сармата высота водоносного горизонта колеблется от 46 до 50 м, а при удалении на юг уровень горизонта постоянно понижается в соответствии с рельефом кристаллических пород.

До широт примерно района с. Александро-Дар этот водоносный горизонт прорезается р. Ингулец, а начиная от с. Ново-Курского, горизонт уходит под уровень реки.

Пятый водоносный горизонт приурочен к песчано-глинистому горизонту известняков нижнего сармата.

Водообилие нижнесарматского горизонта характеризуется следующими цифрами.

Местонахождение источника	Дебит в м/₃час
В с. Широкое	0,03— 1,5
В с. Софиевка	0,03— 5,1
В с. Снигиревка	0,03— 3,0
По р. Крынка	0,03—10,0
По р. Висунь	0,03— 6,2

Выходы многочисленных источников этого горизонта ранее наблюдались на юге Криворожского бассейна — в пределах балки Зеленой, но в данное время все эти источники отсутствуют.

Для химической характеристики вод всех горизонтов сармата приведены данные анализов, заимствованных из работ Н. Соколова [9] и других исследователей (табл. 2).

Таблица 2

Химический анализ вод верхнего, среднего и нижнего сармата

Место взятия пробы	Плотность остатка	В миллиграммах на 1 л									Жесткость общая в немецких градусах
		CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	Na+K	Cl	SO_3	Fe_2O_3	HCO'_3	
Колодец вблизи шахты „Визирка", глубина 35 м, 1936 г.	6143,0	320,0	231,0	92,0	9,0	1336,0	923,0	3160,0	16,0	371,0	100,0
Колодец с. Широкого	220,0	93,0	—	—	—	—	36,0	—	—	—	10,0
„ „ „	1468,0	—	—	—	—	—	370,0	329,0	—	—	36,0
„ „ Лозоватка	860,0	—	—	—	—	—	140,0	221,0	—	—	25,5
Родник балки Снигиревка	4350,0	379,0	—	—	—	—	710,0	—	—	—	43,0
„ „ „	800,0	105,0	—	—	—	—	142,0	492,0	—	—	12,5
„ с. Осокоровка	840,0	93,3	—	—	—	—	104,0	—	—	—	17,0
Колодец с. Ново-Воронцовка . . .	1160,0	168,5	—	—	—	—	216,0	—	—	—	17,8
Родник с. Широкое	535,0	—	—	—	—	—	90,0	104,0	—	—	15,0
„ „ „	2730,0	—	—	—	—	—	660,0	901,0	—	—	77,2
„ балки Грушеватая	635,0	—	—	—	—	—	110,0	115,0	—	—	18,76
Колодцы с. Рахмановка	960,0	—	—	—	—	—	140,0	118,0	—	—	23,3
„ „ „	1470,0	—	—	—	—	—	220,0	322,0	—	—	33,7

Водоносные горизонты, приуроченные к сарматским отложениям еще в северных участках южной части Криворожского бассейна, дренируются речной и балочной сетью, а на южной окраине бассейна они не дренируются. Воды сармата обладают небольшим напором, так, например, в скважине у бывшей Ямчитской сельскохозяйственной школы вода поднялась около 2 м над кровлей водоупора. В более южных широтах напор повышается. По данным опытных откачек из буровых скважин на Ингулецком руднике, дебит этих скважин колеблется в пределах от 3 до 5 м³/час.

Шестой водоносный горизонт приурочен к толще мелкозернистых песков палеогена, переходящих местами в состояние плывунов. В районе Ингулецкой группы шахт этот горизонт был вскрыт на абсолютных отметках +10,4—11,7 м, а в 50 км южнее — на отметках +8 м. При вскрытии горизонта вода фонтанировала из скважины на 2 м выше поверхности земли.

Наиболее полные сведения об этом горизонте были получены при разведках буроугольных месторождений.

В пределах весело-терновских, саксаганских и других буроугольных месторождений было зафиксировано два водоносных горизонта: надугольный и подугольный.

Надугольный горизонт не имеет постоянного распространения, он обычно не бывает напорным, подугольный — обладает напором.

По данным разведок 1930—1931 гг. Весело-Терновского месторождения, надугольный горизонт настолько маломощен, что не имеет никакого практического значения. Подугольный горизонт обладает напором, колеблющимся в пределах от 1 до 22 мм.

По данным опытных откачек «Укргидепа» в 1938 г., из скважин, заложенных в пределах склона долины р. Саксагани Весело-Терновского буроугольного месторождения, коэффициент фильтрации палеогеновых песков подугольного горизонта колеблется от 0,773 до 3,69 м/сутки.

По материалам Весело-Терновского рудоуправления, максимальный приток в одной из существующих шахт (1945) составил 30 м³/час, причем главным образом за счет подугольного водоносного горизонта.

На Христофоровском буроугольном месторождении в подугольных песках напор колеблется в среднем около 6,5 м, при максимальном напоре до 10—12 м.

Водоносный горизонт палеогена также был вскрыт на территории бывшей Ямчитской сельскохозяйственной школы на глубине 50—59 м от поверхности. Кроме того, водоносный горизонт палеогена был встречен в верховьях балки Волчьей (левый приток р. Ингулец) у поселка Войково, на глубине 70 м, что соответствует абсолютной отметке 110 м. Дебит скважины вначале достигал 2,56 л/сек, а через 7 лет снизился до 0,07 л/сек. Для характеристики качества воды из палеогеновых отложений приведена табл. 3 с результатами химических анализов.

Воды палеогена по типу относятся к сульфатным и сульфатно-хлоридным и обладают повышенной минерализацией.

В связи с погружением палеогеновых отложений на юг и хорошей изоляцией кровли и подошвы следует ожидать резкое повышение минерализации вод этого горизонта. Однако для окончательного решения настоящего вопроса пока нет данных; наоборот, ряд источников из палеогена, которыми питаются на юге некоторые населенные пункты, дает вполне удовлетворительную воду.

Указанные пластовые воды четвертичных и третичных отложений на величину притока в шахты почти никакого влияния не оказывают. В ме-

Таблица 3

Химический анализ воды из отложений палеогена

Место взятия пробы	Плотность нерастворимого остатка	В миллиграммах на 1 л воды											
		Ca	Mg	Na + K	Cl_4	SO_4	SO_3	HCO_3	Жесткость общая	Жесткость постоянная	Fe	Al	SiO_2
Надугольный водоносный горизонт Весело-Терновского месторождения													
Из скв. № 1, глубина 11,05 м	2540,0	242,0	103,1	—	345,7	802,6	—	262,3	58,6	46,47	—	—	—
„ „ № 2, „ 10,2 „	—	400,0	120,0	—	490,0	900,0	—	—	89,0	—	—	—	—
Подугольный водоносный горизонт Весело-Терновского месторождения													
Из скв. № 7, глубина 39,45 м	2294,0	202,0	110,0	—	312,2	623,6	—	256,2	54,8	43,02	—	—	—
„ „ № 1, „ 47,5 „	2836,0	246,0	117,0	—	768,0	776,0	—	256,2	62,6	50,88	—	—	—
„ „ № 9, „ 18,55 „	2256,0	220,0	100,0	—	556,0	824,0	—	164,0	54,8	47,26	—	—	—
„ „ № 9, „ 15,55 „	2342,0	214,0	110,0	—	561,0	326,0	—	152,0	54,4	47,42	—	—	—
Артезианский колодец в 60 км на юг от Ингулецкой группы шахт (бывшее имение Линке):													
Вода с глубины 60 м	5000,0	—	—	—	2000,0	—	—	—	—	—	—	—	—
„ „ 68 „	5060,0	62,0	—	—	2186,0	—	352,0	—	—	—	—	—	—
„ „ 80 „	6340,0	77,0	—	—	2982,0	—	456,0	—	—	—	—	—	—
Вода из р. Саксагань в районе с. Макорт (сентябрь 1945 г.) . . .	562,4	61,68	33,5	90,8	75,0	83,0	—	298,9	24,9	11,2	3,1	1,1	13,6

стах развития оползней эти горизонты имеют большое практическое значение, так как способствуют оползневым процессам.

Кроме того, водоносные горизонты осадочной толщи имеют практическое значение как дополнительный источник водоснабжения южной части Криворожского бассейна.

Из всех перечисленных водоносных горизонтов осадочной толщи наиболее выдержанным является горизонт сарматских отложений, поэтому он может быть рекомендован для удовлетворения нужд местного населения, однако, как уже отмечалось выше, только для южного района бассейна.

В южном районе бассейна (рудник Ингулец) местным населением частично используются воды, приуроченные к балочному аллювию, и частично верховодка, залегающая в макропористых суглинках.

В Центральном районе (от рудника им. Ильича до рудника им. Орджоникидзе) местным населением используется верховодка и аллювиальные воды долины р. Саксагань и некоторых крупных балок.

В северном районе бассейна (рудники им. Первого Мая и Желтая Река местное население частично питается водами осадочной надкристаллической толщи пород и главным образом за счет горизонта харьковского яруса и частично аллювиальными водами долинных участков рек и балок.

На основании имеющихся материалов можно считать, что общие ресурсы подземных вод надкристаллической толщи пород Криворожского бассейна не могут удовлетворить полностью запросы питьевого и технического водоснабжения всего горнопромышленного района. В общей системе водного баланса Криворожского бассейна они могут иметь значение только как дополнительные источники водоснабжения сельского и поселкового населения рудников.

ВОДЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИ-СЛАНЦЕВОЙ ТОЛЩИ ПОРОД

Общая характеристика трещинных вод

В эксплуатационных работах Криворожского бассейна основное значение имеют подземные воды, циркулирующие в трещинах, к ним мы относим:

1. Тектонические трещины: а) трещины дизъюнктивных нарушений, б) трещины разрывов, в) трещины отдельностей, г) трещины расслоения и д) трещины кливажа, разлома.
2. Карстовые трещины.

Трещины диагенетического типа, ввиду сильного метаморфизма, потеряли свою первоначальную структуру и выделить их в обособленную группу трещин не представляется возможным.

Подземные трещинные воды, приуроченные к отдельным слоям роговиков, джеспилитов, сланцев и других пород, связанные с существованием указанных выше категорий трещин, можно отнести к трещинному и трещинно-пластовому типу вод.

Подземные воды, находящиеся в трещинах выветривания и в трещинах тектонических нарушений (зоны дробления, которые в отдельных участках достигают свыше 100 м), следует отнести к типу трещинных вод.

При вскрытии таких зон дробления горными выработками приток воды обычно резко увеличивается, причем отмечено, что чем больше амплитуда нарушения, тем водообильнее зоны.

Подземные воды, защемленные в рудных телах или в пластах джеспилитов, роговиков и аспидных сланцев, имеют напорный характер.

Величина напора зависит от глубины трещинных вод. На водораздельных участках статические уровни восстанавливаются обычно ниже устья скважин на 30—60 м.

В пойменных участках статические уровни восстанавливаются примерно на уровне меженного уреза воды рек Саксагани и Ингульца.

Таким образом, абсолютные отметки статических уровней не всегда следуют рельефу.

По степени гидрогеологической раскрытости трещин в кристаллическо-сланцевой толще Криворожского железорудного бассейна имеется полное основание расчленить их на следующие вертикальные зоны сверху вниз.

1. Первая зона приурочена к верхней трещиноватой, так называемой зоне свободного водообмена или зоне аэрации. В этой зоне доминирует вторичная трещиноватость, созданная в результате выветривания.

Поверхность водоносного горизонта не имеет водоупорной кровли и располагается выше местного базиса эрозии.

В верхних горизонтах первой зоны породы представляют конечный продукт выветривания. Здесь трещин как таковых уже нельзя различить в беспорядочной массе обломков выветрелого материала. Водообмен в этой зоне происходит интенсивно, вода обладает небольшой минерализацией и пригодна для питья. Некоторые населенные пункты пользуются водами этой зоны из источников, выходящих по долинам рек Ингульца, Саксагани и крупных балок.

Воды этой зоны принимают активное участие в круговороте водообмена и пополняются атмосферными водами и водами надкристаллической осадочной толщи.

Относительным водоупором обычно здесь служат невыветрелые кристаллические породы.

2. Вторая зона замедленного водообмена характерна первичной трещиноватостью, созданной тектоническими процессами. Первичная трещиноватость местами усугублена процессами выветривания, поэтому циркуляция вод здесь происходит не только по простиранию пород, но и вкрест простирания.

Вода дренируется в отдельных эрозионных «окнах» местной гидрографической сетью до абсолютных отметок — нулевого базиса эрозии. Минерализация вод этой зоны несколько повышена.

3. Третья зона весьма замедленного водообмена, или зона пассивной циркуляции подземных вод, расположена ниже морского базиса эрозии. Водообмен здесь происходит весьма слабо, так как сток проявляется в масштабах геологического времени. Вода обычно сильно минерализована. Циркуляция воды происходит здесь по тектоническим трещинам и по трещинам напластования, развитым по простиранию пород.

Зеркало воды в этой зоне имеет неровную поверхность, обусловливаемую различной степенью водопроницаемости и трещиноватости. Воды здесь разобщены по вертикали водоупорными пластами сланцев, как бы барьерными перегородками, поэтому являются явно выраженным типом трещинно-пластовых вод. В верхних горизонтах воды этой зоны принимают участие в более активном водообмене, чем нижние.

Мощность и распространение перечисленных выше зон находятся в прямой зависимости от литологического состава пород и тектонических нарушений. Сланцы в своих основных разновидностях имеют мощность первой зоны от 2 до 6 м, а джеспилиты и роговики — до 8 м.

По данным опытных нагреваний в скважины в районах Дзержинского и Крэсовского створов проектируемых гидротехнических сооружений по долине р. Саксагани выявлено, что в кристаллических породах на

глубине до 4—6 м нельзя было создать даже давление, так как породы были настолько разрушены, что стенки скважин обваливались.

На участках, затронутых тектоническими процессами, первая зона опускается на глубину примерно до 10—12 м, а местами и больше.

Как уже отмечалось, породы Криворожья несут на себе следы тектонических нарушений как в виде сжатых опрокинутых складок, осложненных разрывами и надвигами, так и в виде густой сети различной трещиноватости.

Кристаллически-сланцевые породы саксаганской породы обладают водопроницаемостью только вследствие трещиноватости. Обычно они водопроницаемы или слабо водопроницаемы, причем следует отметить, что водопроницаемость одной и той же породы на близких расстояниях колеблется в больших пределах.

Значительная часть железных руд, вследствие пористости, резко отличается своей водопроницаемостью от остальных пород криворожской свиты, однако следует отметить, что руды на северном руднике и на некоторых рудниках центральной части бассейна отличаются от всех руд остальных рудников Криворожского бассейна большой плотностью, слабой пористостью, а следовательно, и слабой водопроницаемостью.

Коэффициенты трещиноватости различных пород Криворожского бассейна, выраженные в процентном отношении объема всех трещин, имеющихся в 1 м^3 породы, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Место взятия образцов	Число определений	Коэффициент трещиноватости				
		руда	джеспилиты	роговики	глинистые сланцы	аспидные сланцы
Шахта „МЮД" (Рудоуправление „Ингулец")	3	3,3	2,6	5,8	—	—
Шахта им. Орджоникидзе	4	—	0,43—3,26	—	—	—
Шахта „Комсомолка" (Рудоуправление им. Р. Люксембург)	20	1,78—11,0	0,65—3,7	0, 5—4,58	5,75	0,96
Рудоуправление им. 1 Мая	20	0,76— 4,23	—	0,04–2,47	2,36	—
Рудоуправление „Желтая Река"	13	1,02— 5,03	—	1,22—2,14	—	—

Из табл. 4 видно, что трещиноватость руд невысокая, между тем руды резко выделяются среди всех пород своей большой водопроницаемостью. Коэффициенты трещиноватости остальных пород чрезвычайно мало отличаются один от другого, в то время как по водообильности они заметно различны.

По своей трещиноватости, пористости и водопроницаемости пробы Криворожья размещаются в следующем порядке (от наиболее трещиноватых к менее трещиноватым):

1) руды;
2) рудные джеспилиты и роговики (железистые кварциты);
3) аркозовые песчаники;
4) хлоритовые сланцы и безрудные роговики;
5) филлиты;
6) тальковые сланцы.

Наиболее трещиноватыми оказываются горизонты рудоносных джеспилитов, железистых роговиков и хлоритовых сланцев. Среди трещин в

джеспилитах господствующими являются открытые трещины, служащие путями свободной циркуляции воды. Наиболее распространены здесь трещины разломов и разрывов, размеры которых иногда достигают нескольких сантиметров ширины, и водоносные трещины, связанные с кливажной структурой пород.

Среди сланцев трещиноватость развита меньше и выражена главным образом трещинами расслоения. Однако, помимо трещин расслоения, в аспидных сланцах развиты еще и трещины разрыва, которые, в отличие от трещин расслоения, характерны большими размерами, шириной и неравномерным распространением. В большей части они наблюдаются в местах переслаивания сланцев с прослоями роговиков.

Помимо трещин расслоения и разрыва, в сланцах большое развитие имеют трещины разлома и кливажа течения.

Свободные трещины встречаются только в джеспилитах и железистых роговиках, причем повсеместно в сланцах всех разновидностей зияющие трещины почти не встречаются, они обычно в отдельных участках в какой-то мере заполнены, вследствие чего не на всех участках трещины могут являться путями активной циркуляции подземных вод.

Заполнители трещин можно подразделить на несколько групп:

1) глинистый материал, накопляющийся в результате выветривания сланцев;
2) глинистый материал с присутствием окислов железа;
3) окислы железа с другими различными примесями;
4) кварц;
5) пирит.

В первой (верхней) зоне различные сланцы обычно бывают сильно разрушены, трещины заполнены продуктами их разрушения, но часто бывают заполнены окислами железа, поэтому трещины являются плохими проводниками воды.

Однако наряду с закальматированными трещинами в сланцах нередко встречаются трещины, выполненные окислами железа с различными соединениями, которые покрывают лишь стенки трещин тонкой пленкой налетов. Эти трещины встречаются в прослойках роговика и реже в аспидных сланцах. Нередко заполнитель бывает в виде кварца, он выполняет трещины на различных глубинах. Обычно трещины, выполненные кварцем, являются водопроницаемыми, а в некоторых местах наблюдается, что сам кварц, заполняющий трещины, обладает повышенной водопроницаемостью. Часто трещины бывают также выполнены пиритом, который нередко встречается в аспидных сланцах и прослойках роговика.

Следует отметить, что в местах переслаивания аспидных сланцев с прослойками роговика встречаются и открытые трещины, обладающие высокой водопроводимостью.

Что же касается трещиноватости в джеспилитах, то здесь естественными заполнителями являются кварц, брекчированный материал и др.

В джеспилитах, кроме обычной трещиноватости, встречаются еще ячеистоноздреватые пустоты, образовавшиеся в результате выщелачивания кварца и других силикатов. Поэтому порода является хорошим проводником воды.

Джеспилиты отличаются от всех других вмещающих пород Криворожского бассейна своей высокой пористостью, а следовательно, и водопроницаемостью. Так, например, по данным опытных нагнетаний, проведенных «Укргидэпом» на створе проектируемого Дзержинского водохранилища, удельная водопоглощаемость джеспилитов достигает 1,5 л/мин.

Коэффициент фильтрации джеспилитов колеблется максимально в пределах около 2,8 м/сутки [1].

В тех местах, где джеспилиты заключают в себе руды, коэффициент их может быть и выше. Железистые роговики при наличии «красковых» прослоев, даже при большой трещиноватости, отличаются от джеспилитов пониженной водопроницаемостью вследствие естественного кальматажа.

Сланцы во всех их разновидностях, в отношении фильтрации, характеризуются следующими данными. Аспидные сланцы имеют среднее удельное водопоглощение на 1 пог. м скважины при трех ступенях давления от 0,10 до 0,42 л/мин, а коэффициент фильтрации от 0,047 до 0,14 м/сутки. Филлитовые сланцы имеют удельное водопоглощение от 0,101 до 0,928 л/мин.

Удельное водопоглощение аркозовых песчаников колеблется в пределах от 0,47 до 0,111 л/мин. Таким образом, по степени обводненности породы криворожской свиты, первое место занимают все типы руд с пористостью 13,2—27,3%, второе место — джеспилиты с пористостью до 1,06%, железистые роговики с пористостью 0,35% и трещиноватая сланцево-роговиковая толща.

Третье место, с наименьшей обводненностью, занимают все разновидности сланцев и особенно глинистые и тальковые. Эти сланцы при проходке шахт в нескольких случаях бывают совершенно сухими.

По данным опытных работ, отмечается их высокая водоупорность даже при малой мощности их [2].

По данным П. Н. Торского [12], величина пористости руд почти полностью отвечает естественной влажности этих пород. Величина же естественной влажности джеспилитов и роговиков выше пористости их вследствие трещиноватости этих пород.

Нашими лабораторными данными это положение не подтверждается. Почти во всех случаях величина пористости как руд, так и вмещающих пород превышает естественную влажность этих пород (табл. 5).

Таблица 5

Наименование пород	Средняя пористость	Естественная влажность в %	Влагоемкость
Мартитовая руда плотная	9,23	1,07	2,50
„ „ рыхлая	20,42	1,35	5,46
Краско-мартитовая руда плотная	16,61	1,99	4,61
„ „ „ рыхлая	22,17	2,18	6,15
„Красковая“ руда	18,90	2,90	5,76
Джеспилиты плотные	3,90	0,21	1,80
Роговики железистые плотные	7,70	0,60	3,10
„Красковые“ сланцы	18,80	1,98	8,40
Глинистые сланцы	13,00	2,50	5,40
Диабазы выветрелые	42,00	4,22	20,00
Руда магнетитовая плотная	4,00	0,34	1,70
Бурые железняки плотные	14,40	1,40	4,82
„ „ рыхлые	28,30	3,89	12,62

[1] Расчеты производились на основании данных откачек из одиночных скважин по формуле Шези—Краснопольского $\left(K = \frac{Q}{2\pi\mu\sqrt{rs}}\right)$. Откачки производились с одним и весьма редко с двумя понижениями (1,5—1,9 м, длительностью от 8 до 24 часов).

[2] Влагоемкость и пористость всех разновидностей пород определялись в лаборатории НИГРИ под руководством автора в 1946 г.

Поскольку естественная влажность не является величиной постоянной, сопоставление данных величин с величинами пористости будет носить условный характер и, следовательно, выводами, сделанными П. Н. Торским, вряд ли можно руководствоваться.

В данном случае определенного соответствия между величинами пористости пород и естественной влажности может и не быть, поэтому величину пористости пород следует сопоставлять только с величинами полной влагоемкости.

В Криворожском бассейне наиболее развиты три основных типа руд: гематито-мартитовая, гидрогематито-мартитовая и гидрогематитовая. Наибольшую массу из всех залежей составляют гематито-мартитовые руды.

В лаборатории треста Южгипроруда были произведены опыты по определению влагоемкости руд. Эти опыты показали, что при полном насыщении водой в 1 м^3 мартитовой руды содержится 233 л воды, а в 1 м^3 гидрогематитовых руд до 160 л воды. Вмещающие породы (джеспилиты, роговики, безрудные и сланцы) имеют полную влагоемкость в 3—10 л на 1 м^3 породы.

Степень водоотдачи мартитовых руд при полной влагоемкости определяется в 85%.

ШАХТНЫЕ ВОДЫ

Общая характеристика шахтных вод

Рудники Криворожья сконцентрированы в виде обособленных групп шахт, приуроченных к кристаллически-сланцевой толще пород, простирающихся на протяжении около 100 км.

По степени водообильности все шахты Криворожья можно разделить на три группы: 1) со средней обводненностью; 2) с повышенной обводненностью; 3) с сильной обводненностью.

К первой группе относятся рудники второго Саксаганского пласта с коэффициентом водообильности, определяемым количеством кубических метров воды, поступающей в час с каждой тысячи квадратных метров рудной площади, в пределах от 0,30 до 4,00 м^3/час (1000 м^2).

Ко второй группе относятся шахты Червоно-Глееватского пласта и Лихмановского с коэффициентом от 10 до 27 м^3/час.

К третьей группе относятся шахты Рахмановского рудоуправления, бывшего рудника Советский и южный участок бывших рудников Тарапаковского пласта с величиной коэффициента водообильности около 70 м^3/час (1000 м^2).

Различная степень обводненности отдельных групп шахт Криворожского железорудного бассейна находится в полной зависимости от степени трещиноватости пород, а также и от характера трещин.

В тех местах, где господствует мелкая трещиноватость, породы бывают наименее обводнены. Там же, где, помимо мелкой трещиноватости, развита трещиноватость сбросового и надвигового характера, породы бывают более обводненными.

В рудных телах, кроме сильной трещиноватости, развита пористость. Рудные залежи обычно сопровождаются разрушенными джеспилитами и отличаются также повышенной обводненностью. Водоотдача пород находится в полном соответствии с трещиноватостью и обводненностью их.

Наблюдениями установлено, что породы, вскрываемые горными выработками висячего бока второго Саксаганского пласта, более трещиноваты в сравнении с породами лежачего бока. Породы висячего бока

более водообильны и при вскрытии их выработками выделяют много воды. Вода, содержащаяся в них, сравнительно быстро истекает и выработки осушаются.

Водоотдача пород лежачего бока проходит менее интенсивно и коэффициент фильтрации чрезвычайно низок.

Разница в трещиноватости пород лежачего и висячего боков хорошо подтверждается депрессионными линиями, построенными Укргидэпом на гидрогеологических профилях в пределах р. Саксагани. В лежачем боку кривая депрессии круто падает, а в висячем она более пологая. Угол наклона кривой депрессии в лежачем боку равняется 35—40°, а в висячем боку — 20—25°.

Из данных наблюдений в шахтах установлено, что породы, обладающие большой влагоемкостью, обладают и повышенной водоотдачей.

К этой категории пород относятся руды, выщелоченные джеспилиты и железистые роговики.

Наблюдениями подтверждается, что для полного удаления гравитационной влаги из мартитовых руд можно устанавливать срок 2—3 месяца. Этот срок может быть увеличен или уменьшен в зависимости от комплекса подготовительных работ по вскрытии залежи или при условии соответствующих дренажных работ.

В течение этого времени, при условии полного насыщения руды водой, водоотдача доходила до 85% от первоначального объема воды в руде.

В процессе дренирования верхние горизонты выработок осушаются полностью, а нижние от подошвы выработки высотой до 2,5 м [12] обычно не поддаются осушению.

Ввиду большой влагоемкости руды и способности ее быстро отдавать воду, обычно при вскрытии залежей наблюдается повышенный приток, сильно колеблющийся во времени. Наибольшей величины приток достигает в первое время вскрытия залежи, затем, по мере осушения выработки, падает до постоянного притока. При дальнейшем углублении выработки приток увеличивается на 10% от притока верхнего горизонта.

В практической деятельности эксплуатации шахт это явление подтверждается полностью.

При вскрытии рудных залежей горными выработками водоотдача проходит настолько интенсивно, что часто наблюдается вынос рудного плывуна, в результате чего иногда в горных выработках могут образоваться даже конуса выносов.

В момент вскрытия рудных залежей штреком приток вод мгновенно может возрасти на 300%, а местами и выше по отношению к первоначальному притоку в штреке, проходящем во вмещающих породах.

С таким повышенным дебитом вода поступает не свыше 20 дней, после чего дебит падает до половины своего максимального притока.

На основании приведенных данных, можно сделать вывод, что рудные залежи Криворожского бассейна, вследствие своей высокой пористости, представляют собой огромные аккумуляторы воды.

Большие массы напорной воды часто встречаются горными выработками при перерезании сбросовых и надвиговых трещин. Эти трещины являются замкнутыми артезианскими бассейнами, вскрытие их вызывает бурное возрастание притока, угрожающего иногда затоплением выработок. Величина притока в таких случаях достигает больших размеров. Так, например, по шахте «МЮД» Рудоуправления «Ингулец» приток в подготовительные выработки в некоторых случаях доходил до 220 м³/час, на шахте «Коммунар» Рудоуправления им. Дзержинского — до 200 м³/час, а на шахтах северных рудников до 7000—9000 м³/час.

Следует отметить, что дренирование тектонических трещин носит более затяжной характер, чем дренирование рудных залежей. На некоторых шахтах трещинные источники настолько стабильны, что деятельность их продолжается до одного года, а иногда и несколько лет, в то время как осушение рудных залежей совершается за 5—6 месяцев.

С углублением шахт Криворожского бассейна, по данным П. Н. Торского [12], наблюдается приращение притока воды, но до определенной глубины. Предел этих глубин намечается им 250—300 м; ниже, при углублении шахт, приток уменьшается.

Для примера автор ссылается на шахты северных рудников, где на указанных глубинах в настоящее время наблюдается понижение водоносности пород лежачего бока.

Дальше он указывает, что кривые зависимости дебита шахтных вод от понижения уровня работ в Криворожском бассейне в общем согласуются с наблюдениями, произведенными на шахтах Донбасса. Следует отметить, что Донбасс не может быть аналогом для Криворожского бассейна, так как его гидрогеологические условия резко отличаются от гидрогеологических условий Криворожья.

В Донбассе основные запасы вод залегают в известняках и песчаниках, трещиноватость которых явно затухает уже на глубинах 500—700 м от поверхности.

В Криворожье основные запасы воды (до 70%) приурочены к пористым рудам и выщелоченным джеспилитам, которые представляют собой как бы губку, насыщенную водой до предельных глубин их залегания.

Ожидать понижения величины приращения притока с указанных глубин в условиях Криворожья, повидимому, нет достаточных оснований, так как данные о величинах притока, которыми пользовался П. Н. Торский по шахтам бассейна, отличаются большой неточностью.

При бурении скважины № 120 и одной из глубоких скважин целика р. Саксагани в Кривом Роге, на глубине свыше 1000 м, были обнаружены по открытым трещинам пород явные следы окисления и гидратизации, связанные главным образом с циркуляцией подземных вод. Кроме того, этими скважинами установлено присутствие руды на глубине более 1100 м.

Следует отметить, что руда Криворожского бассейна содержит основные запасы подземных вод, следовательно, если на глубинах свыше 1000 м обнаруживается руда да еще со следами циркуляции воды, то есть полное основание встретить в этих рудах воду. Таким образом, нет еще достаточных оснований устанавливать предел глубины 250—300 м, после которой величина приращения притока будет падать.

Повышенную обводненность с постепенно нарастающим притоком можно ожидать и на более значительных глубинах, т. е. до предельных глубин распространения рудных залежей.

Влияние атмосферных осадков на величину притока шахтных вод Криворожья довольно заметно, особенно для тех шахт, где отработка вначале производилась открытым способом и где сейчас с поверхности имеется большое количество карьерных обрушений, представляющих водосборники атмосферных вод.

В таких случаях время максимального увеличения шахтного притока в мелких шахтах (до 100—120 м) запаздывает примерно на двое суток по отношению ко времени выпадения атмосферных осадков. Для глубоких шахт сдвиг пика шахтного притока (относительно максимума), достигает около 15 дней.

В весенний период талые воды оказывают влияние на динамический приток в шахтах. Для мелких шахт весенний приток в отдельных случаях возрастает до 40%, а в глубоких шахтах до 10%.

Наблюдаемые максимумы притоков шахтных вод, совпадающие с весенним периодом таяния снегов и периодами дождей, свидетельствуют о тесной связи режима подземных вод с местными метеорологическими явлениями и указывают на то, что путь циркуляции воды от области питания до шахтных выработок сравнительно короток.

Температура шахтных вод, на основании наших постоянных замеров в течение целого гидрологического года, сравнительно низкая и соответствует примерно температуре шахтных выработок (13—14°).

В условиях Криворожья геотермическая ступень не соответствует фактическим данным, полученным в результате измерения температуры в скважинах. В этих скважинах на глубине 1000—1120 м температура равнялась 20,6°, а на глубине 100 м — 11,8°. Таким образом, в интервале от 100 до 1120 м, т. е. при углублении на 1120 м, температура повысилась всего лишь на 8,8°.

Заниженность температуры на больших глубинах и слишком медленное поднятие температуры при углублении можно объяснить главным образом циркуляцией напорных вод, основным источником которых являются атмосферные воды.

Химический состав трещинных и частично шахтных вод

Исследователи Криворожья занимались гидрохимией трещинных вод лишь попутно при геологоразведочных работах. Специально этому вопросу никто не уделял должного внимания. Поэтому накопившийся сравнительно большой материал по химическому составу трещинных и шахтных вод в большинстве своем весьма не систематизирован и часто носит случайный характер.

В данной работе нами использован гидрохимический материал, накопившийся за время с 1914 по 1953 г.

На основании огромного количества собранных химических анализов представляется полная возможность выделить трещинные воды бассейна в определенные группы по химическому составу.

На прилагаемом профиле (фиг. 1) нанесены все имеющиеся анализы химического состава трещинных и шахтных вод, а также и других источников, прилегающих к бассейну.

Как видно из фиг. 1, химический состав трещинных вод Криворожья сравнительно разнообразен. В верхней половине фигуры расположено небольшое количество анализов гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод группы объектов северной окраины бассейна и шахты им. Кирова.

Значительная группа анализов, характеризующих всю остальную — бóльшую часть бассейна, располагается в нижней половине квадрата с преобладанием сильных кислот, а по типу они относятся к сульфатным и хлоридно-сульфатным водам.

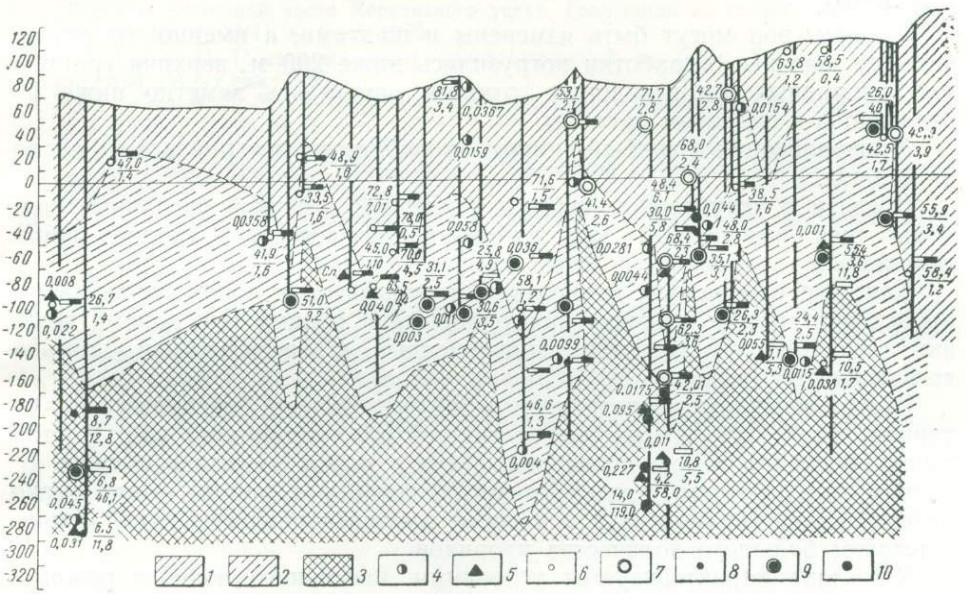
По своей минерализации шахтные воды отличаются большой пестротой и колеблются в больших пределах: от слабо минерализованных с малым плотным остатком до рассольного типа вод с содержанием плотного остатка свыше 144 г/л.

В большей части шахт вода содержит плотный остаток не меньше 1 г/л.

По содержанию отдельных компонентов и суммы их наблюдается резкое колебание даже в пределах одной выработки. Так, например, на горизонте 323 м в шахте «Большевик» наблюдался выход сильно соле-

ных вод на расстоянии нескольких метров от пресных источников. Это явление подтверждает тот факт, что циркуляция подземных вод происходит по системе изолированных местами трещин, приуроченных к отдельным пластам кристаллически-сланцевой толщи пород.

По химическому составу трещинные воды Криворожья по вертикали нами делятся на три зоны (фиг. 1).



Фиг. 1. Схематический профиль химического состава шахтных и трещинных вод Криворожского железорудного бассейна

1 — зона сульфатных вод с коэффициентом сульфатности $\frac{SO_4}{Cl + SO_4} \times 100 > 55$ (воды минерализованные); 2 — зона сульфатно-хлоридных вод с коэффициентом сульфатности от 15 до 55 (воды минерализованные); 3 — зона хлоридных сильно минерализованных вод с коэффициентом сульфатности < 15. Минерализация увеличивается с глубиной; 4 — агрессивная CO_2. Цифра показывает количество CO_2 в г/л; 5 — бром в г/л; 6 — вода подземных источников из горизонта трещинных вод или скважин с плотным остатком до 2 г/л; 7 — то же от 2 до 5 г/л; 8 — то же от 5 до 20 г/л; 9 — то же от 20 до 50 г/л; 10 — тоже свыше 50 г/л

Примечание. Дробь: в числителе — коэффициент сульфатности, в знаменателе — плотный остаток в г/л.

Первая (верхняя) зона представлена сульфатными водами. В воде этой зоны преобладают главным образом сульфаты с коэффициентом сульфатности более 55%.

Минерализация вод этой зоны незначительная, обычно колеблется в пределах около 3 г/л и в редких случаях больше. Воды эти образуются при дренировании атмосферных осадков и грунтовых вод загипсованной надкристаллической толщи четвертичных и третичных отложений.

Вторая (средняя) зона представлена смешанными сульфатно-хлоридными водами с коэффициентом сульфатности от 45 до 55%. Минерализация этих вод повышенная. Воды этой зоны являются переходной зоной — от верхней сульфатной к нижней хлоридной зоне, коэффициент сульфатности которой значительно ниже первой зоны.

Третья (нижняя) зона представлена солеными водами с высоким содержанием хлоридов и очень низким коэффициентом сульфатности.

Эта зона хлоридных вод была вскрыта на глубинах примерно 210—280 м, но в некоторых местах она поднимается выше. Содержа-

ние хлоридов в этой зоне довольно высокое, а с глубиной оно обычно резко увеличивается, достигая местами свыше 72 г/л (шахта «Большевик»).

Глубина зон и характер их границ зависят от степени трещиноватости. В местах с большей трещиноватостью зона хлоридных вод опускается низко, а с меньшей — поднимается до абсолютных отметок +20 м.

Границы зон могут быть изменены и шахтами, а именно: на участках, где шахтные выработки погрузились ниже 200 м, верхняя граница зон хлоридных вод, вследствие откачек, опустилась заметно ниже по отношению к смежным районам.

Минерализация третьей зоны колеблется в пределах около 6—144 г/л.

В связи с углублением шахт и усиленной откачкой указанные границы трех выделенных зон постепенно изменяются в сторону понижения.

Как уже отмечалось, концентрация сульфатов в водах первой зоны происходит за счет привноса поверхностными водами или водами верхних водоносных горизонтов, приуроченных к четвертичной, сильно загипсованной толще.

Вторая зона вод представляет собой переходную (смешанную) — от первой зоны сульфатных вод к третьей зоне хлоридных вод. В этой зоне происходит замедленный водообмен с поверхностными водами.

Что же касается третьей (нижней) зоны вод, то она очень резко отличается от верхних двух зон своей высокой минерализацией и присутствием большого количества хлоридов.

Эта зона характеризуется условиями пассивного водного режима. Отсутствие активного водообмена приводит к тому, что здесь, вследствие диффузии и других физико-химических процессов, могут формироваться воды рассольного типа высокой концентрации.

На этих глубинах залегающие породы обычно слабо промываются. Количество выносимых в растворе солей водами третьей зоны чрезвычайно высокое.

Если учесть весь объем выбрасываемой воды на поверхность из третьей (нижней) зоны всех шахт бассейна, то вынос растворенных веществ будет исчисляться в значительных размерах.

Несмотря на то что трещинные воды нижней зоны не представляют собой общего бассейна, а разобщены между собой отдельными крутопадающими пластами, все же они имеют общность на всей протяженности Криворожского бассейна. Статические запасы соленых вод нижней зоны огромны, так как, несмотря на стационарные длительные откачки этих вод при эксплуатации шахт, все же они сохранили свою гидрохимическую особенность и до настоящего времени в том же примерно виде, как и в начале их вскрытия.

Из специфических элементов в трещинных водах часто встречается бром, максимальное количество которого достигает в одной из шахт центральной части бассейна 277 мг/л.

Учитывая большое количество рассольного типа трещинных вод в бассейне, можно вполне использовать их для бальнеологических целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. К. Гидрогеологическое исследование долины реки Ингульца. Труды ЮОМО, в. XI, Одесса, 1928.
2. Алексеев А. К. Материалы по буровым колодцам сев.-зап. части Херсонской губернии. Записки ОСХ Южной России, в. 87, кн. I, Одесса, 1916.

3. Алексеев А. К. Буроугольные отложения участка «Свобода» и геологический обзор месторождений бурого угля района Кривого Рога. Сб. «Руда», ч. I, 1922.
4. Гембицкий С. С., Алексеев А. М. Гидрогеологический очерк окрестностей города Кривого Рога. Наукові записки Дніпропетровськоі Науково-дослідноі кафедры геологіі, стр. 249—284, 1927.
5. Ефанов Г. В. Оползни Криворожского железорудного бассейна. Горный журнал, 1937, № 11—12.
6. Левитский И. Предварительный отчет о гидрогеологических исследованиях 1904 г. в восточной части Херсонского уезда. Ежегодник по геологии и минералогии России, т. XVII, в. 6—8, 1905.
7. Маков К. И. Подземные воды причерноморской впадины. Комитет по делам геоголии. М.—Киев, 1940.
8. Нотаров В. Д. Ход и следствия затопления шахт Криворожского бассейна. Горный журнал, 1946, № 3.
9. Соколов Н. Гидрогеологические исследования в Херсонской губернии с приложением статьи Топорева «Анализы вод Херсонской губернии». Труды КК, т. XIV, № 2, 1896.
10. Соколов Н. Гидрогеологические исследования в южной и юго-восточной части Херсонской губернии. Изв. Геол. ком., т. XII, 1893.
11. Семененко Н. П. Структура рудных полей Криворожского бассейна. Изд. АН УССР, 1946.
12. Торский П. Н. О шахтных водах Криворожья. Горный журнал, 1939, № 10—11.
13. Троянский С. В. О комплексной эксплуатации обводненных месторождений Подмосковного угольного бассейна. «Уголь», 1939, № 4—5.
14. Троянский С. В. Классификация месторождений полезных ископаемых в условиях обводненных месторождений. «Советская геология», 1947, № 19.
15. Фаас А. В. Материалы по геологии третичных отложений Криворожского района. Нов. серия, в. 10, 1904.
16. Щеголев Д. И. Рудничные воды. М. — Харьков, 1948.
17. Щеголев Д. И. и Толстихин Н. И. Подземные воды в трещиноватых породах. Гостоптехиздат, 1939.

В. Д. НОТАРОВ

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕЩИННЫХ ВОД САКСАГАНСКОЙ ПОЛОСЫ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

О происхождении трещинных вод Саксаганской полосы некоторые исследователи, занимавшиеся изучением гидрогеологии Кривого Рога, высказывали различные суждения. Так, например, проф. А. Е. Зеленко и геолог С. Г. Жарий в своей работе [4] по химическому составу вод, циркулирующих в метаморфических докембрийских породах, пытаются разделить эти воды на две группы: слабо минерализованные, связанные с водами осадочной свиты пород и речными водами, и сильно минерализованные — автохтонного происхождения. Воды, приуроченные к верхней трещиноватой зоне кристаллических пород, авторы рассматривают как воды поверхностного происхождения, а воды, циркулирующие в глубине, более минерализованные,— считают автохтонными, т. е. образовавшимися за счет дегидратации пород при метаморфизме.

Предположение о питании трещинных вод за счет поверхностных вод правдоподобно и вполне доказуемо в данных условиях. Оно полностью подтверждается как гидрохимическими показателями, так и гидротермальными данными.

Предположение о дегидратации пород в процессе метаморфизма, высказанное авторами, в данном случае не имеет никакого обоснования. Даже сами авторы в подтверждение своих взглядов не дают более или менее обоснованных суждений.

Таким образом, автохтонная теория образования трещинных вод в условиях Саксаганской полосы не может быть принята.

Вопросом происхождения трещинных вод позднее также занимался и геолог П. Осипов [8]. Он считает, что эти воды являются реликтовыми, оставшимися от древних морей, покрывавших южную часть Украинского кристаллического массива. Ввиду сильно развитой трещиноватости в кристаллически-сланцевой толще пород в них накопились большие запасы этих вод. Поэтому автор полагает, что из горных выработок, дренирующих воду, откачиваются вековые запасы реликтовых вод. Кроме того, автор высказывает мнение, что на предельных глубинах вода в трещинах не циркулирует.

Точка зрения, высказанная Осиповым, как показывают наши исследования, имеет некоторое основание.

Основной упрек можно сделать автору только в том, что он не подтверждает свою точку зрения фактическим материалом.

Кроме того, нельзя согласиться с представлением автора о полной изоляции кристаллически-сланцевой толщи Криворожья от окружающих гранито-гнейсов Украинского кристаллического массива. Нам представ-

ляется, что трещинные воды саксаганской метаморфической свиты пород отличаются некоторой обособленностью, но все же имеют связь с окружающими их породами Украинского кристаллического массива. Циркуляция вод между породами саксаганской серии и окружающими гранитогнейсами, несомненно, происходит.

Однако активная циркуляция вод происходит главным образом только в верхних зонах кристаллических пород, в нижней же зоне пассивных вод циркуляция эта проходит очень медленно, а следовательно, и промывание или так называемое проветривание вод этой зоны происходит весьма слабо. Что же касается зоны аэрации и зоны активной циркуляции вод, то здесь трещинные воды постоянно пополняются за счет инфильтрации поверхностных вод, поэтому они по своему составу очень резко отличаются от вод глубоких зон, где процесс рассолонения происходит очень медленно и воды носят застойный характер.

В верхних горизонтах химический состав трещинных вод претерпел сильное изменение не в результате метаморфизации, а за счет инфильтрации сверху главным образом атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод вышележащих горизонтов.

В пополнении трещинных вод атмосферными осадками огромную роль сыграл искусственно сильно расчлененный рельеф открытыми горными выработками и зонами обрушений, которые и представляли собой коллекторы этих вод.

В связи с постоянной откачкой из шахт уровень трещинных вод все время понижается, в результате чего и создалось общее депрессионное понижение во втором Саксаганском пласте. Что же касается первого Саксаганского пласта, т. е. того пласта, который разрабатывается в меньшей степени,— этого явления не наблюдается. Поэтому следует ожидать, что первый Саксаганский пласт будет несомненно более водообилен, чем второй Саксаганский пласт.

Судя по характеру восстановления уровня вод при затоплении шахт, пополнение баланса трещинных вод идет более замедленно, чем водозабор, в результате чего и происходит нарушение общего равновесия, характеризующегося депрессионным понижением во втором Саксаганском пласте.

Основными источниками пополнения запасов трещинных вод в саксаганской серии пород могут быть:

1. Атмосферные осадки, проникающие в шахты, главным образом через зоны обрушений и открытые горные выработки.

В случае ливневых осадков вода проникает в горные выработки настолько быстро, что иногда заканчивается затоплением рабочих горизонтов шахт.

2. Талые весенние воды, протекающие по балкам и оврагам, врезающиеся местами в кристаллические породы.

3. Грунтовые воды, приуроченные к надкристаллической осадочной толще пород.

Доминирующее влияние на приток из трех вышеперечисленных источников зависит исключительно от местных условий того или иного участка.

Кроме перечисленных факторов, влияющих на приток в горные выработки, можно указать еще и на конусы отвалов пустых пород, так называемые кавальеры, которые аккумулируют атмосферные осадки и частично конденсируют влагу. Однако ввиду небольших площадей, занимаемых кавальерами, влияние их на приток вод весьма незначительно.

Ввиду незначительных фильтрационных свойств надкристаллической толщи осадочных пород и чередования водопроницаемых пластов с водонепроницаемыми, пополнение трещинных вод за счет атмосферных осадков не будет иметь большого удельного веса в общем балансе трещинных вод. Проникновение поверхностных вод вглубь происходит главным образом на участках, где отсутствуют водоупорные слои среди осадочной толщи пород. Эти участки приурочены к эрозионным понижениям.

На обводненность горных выработок местами оказывают некоторое влияние и бытовые воды, протекающие по открытым канавам в пределах горных отводов, особенно на тех участках, где обнажаются кристаллические породы.

Наблюдениями за восстановлением уровня вод в период затопления и после откачки горных выработок (1941—1947 гг.), установлено, что р. Саксагань на увеличение притока в горных выработках непосредственного влияния не оказывает, за исключением того участка, где река сечет саксаганскую свиту вкрест простирания. В горных выработках этого участка наблюдается некоторый повышенный приток в паводковый период времени.

Нашими наблюдениями в период затопления и восстановления горных выработок установлено, что трещинные воды носят напорный характер, причем подъем уровня этих вод, пониженный длительными эксплуатационными откачками, происходит чрезвычайно медленно. Если бы горные выработки оказались в затоплении более длительный период времени (примерно до 10 лет), то уровень воды достиг бы первоначального своего положения. На отдельных участках в некоторых выработках уровень воды восстановился и за более короткий промежуток времени (1,5 года).

Таким образом, в сумме все вышеуказанные источники оказывают определенное влияние на пополнение трещинных вод, но вряд ли в том количестве, которое необходимо для восстановления водных запасов, уменьшающихся в результате многолетних откачек.

Восстановление водного баланса трещинных вод Саксаганской полосы ни в коем случае нельзя увязывать с источниками, действующими только в пределах границ распространения этой полосы.

Судя по той интенсивности, с которой восстанавливался уровень вод в период затопления горных выработок, область питания далеко уходит за границы распространения трещинных вод Саксаганской полосы. Область питания в пределах собственной полосы явно недостаточна для того, чтобы пополнить расход откачиваемых вод.

Поэтому есть полное основание допускать прямую связь трещинных вод Украинского кристаллического массива с грядой кристаллическисланцевой толщи саксаганской серии пород.

Данные геологической истории указывают на то, что в течение продолжительного времени Саксаганская полоса была континентальной высокогорной сушей, подвергавшейся длительному разрушению и сносу. В результате этого колоссальные массы продуктов разрушения были снесены поверхностными водами в окружающие морские бассейны.

Еще в докембрийское время начали просачиваться атмосферные воды и стала конденсироваться влага в трещинах горной суши.

Инфильтрация поверхностных вод и конденсация влаги происходили также и на огромных просторах древнего ландшафта Украинского кристаллического массива. С того времени как начала формироваться гидрографическая сеть, процессы поглощения поверхностных вод стали происходить интенсивнее. С этого времени начинается история формирования «вековых запасов» вод, которые за длительный отрезок времени пре-

терпели большое изменение. Изменение вековых запасов вод зависит от сложных физико-геологических условий.

Проделывая сложный путь движения, подземные воды проникают на весьма значительные глубины, видоизменяют породы и разлагают руды. В глубинном выветривании пород прошлых геологических периодов могли также играть определенную роль и гидротермы, которые, повидимому, разлагали сульфиды в пиритизированных породах с одновременным выделением серной кислоты.

Интенсивное выветривание в условиях Саксаганской полосы констатировано на глубинах более 1100 м.

Процессы глубинного выветривания, под влиянием циркуляции трещинных вод, происходят все время от докембрия до настоящего периода.

Химический состав трещинных вод описываемой полосы сравнительно разнообразен. Воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевые встречаются на севере описываемого района. Сульфатные и хлоридно-сульфатные воды встречаются во всех остальных местах района.

По своей минерализации трещинные воды отличаются большой пестротой и колеблются в больших пределах; от слабо минерализованных с малым плотным остатком до типичных соленых морских вод с содержанием плотного остатка свыше 119 г/л. В большей части вода содержит плотный остаток не меньше 1 г/л. По содержанию отдельных компонентов и суммы их наблюдается резкое колебание даже на близких расстояниях.

Характерная особенность этих вод заключается в том, что они содержат большое количество хлора, причем с глубиной содержание его обычно резко увеличивается, достигая местами, на предельных глубинах, свыше 72 г/л.

Такое высокое содержание хлоридов соответствует подземным водам рассольного типа или морским водам.

По химическому составу воды Саксаганской полосы в зависимости от глубины делятся нами по вертикали на три зоны:

а) верхняя зона сульфатных вод с незначительной минерализацией;

б) средняя зона сульфатно-хлоридных вод, также с малой минерализацией;

в) нижняя зона хлоридных сильно минерализованных вод.

Химический состав вод нижней зоны совершенно не соответствует окружающей геологической среде. В описываемой толще нет таких пород, которые своим химическим составом могли бы обогатить трещинные воды за счет выщелачивания такого большого количества солей.

Такой именно зонально-химический облик трещинно-пластовые воды Саксаганской полосы могли получить, повидимому, только в результате расслоения по вертикали на основе существующих законов гравитации.

Дифференцированное расслоение воды по удельному весу, в зависимости от минерализации состава растворенных солей, нами наблюдалось при отборе проб воды из скважин на глубинах 700—1000 м.

Отбор воды производился специальным барометром после откачек продолжительностью около 24 часов. Несмотря на длительность откачек верхних горизонтов все же наблюдалось динамическое равновесие в поддержании слоев воды в скважинах разной концентрации; сульфатные (опресненные) — сверху и хлоридные (соленые) — внизу.

Указанное явление нами наблюдалось в Днепровско-Бугском лимане и в устье нижнего Днепра, где также имело место резко выраженное гидрохимическое расслоение по вертикали.

Расслоение растворов по удельному весу было отмечено во Фрунзенском водохранилище на р. Саксагань и Карачуновском водохранилище на р. Ингулец.

Примером дифференцирования вод могут быть любые открытые водоемы.

Если расслоение воды проходит в открытых водоемах, где водообмен проходит весьма интенсивно, то в трещинах и порах горных пород с весьма затрудненной циркуляцией и водообменом явление расслоения воды будет происходить более определенно и четко.

Накопления трещинно-пластовых вод в саксаганской серии пород, очевидно, в основной своей массе образовались главным образом за счет инфильтрации и выщелачивания в верхних горизонтах земной коры солей, привнесенных поверхностными водами в прошлые и настоящие геологические эпохи. Дифференциация подземных вод на гидрохимические зоны происходила и происходит в настоящее время в полной зависимости от удельных весов компонентов раствора, а также от минерализации состава воды.

С момента наступления длительного континентального периода, господствующего и в настоящее время, пополнение трещинных вод происходило и происходит за счет атмосферных осадков и подпитывания трещинными водами окружающего Украинского кристаллического массива, который аккумулирует воды на более высоких отметках, чем описываемая полоса.

Передвижение вод на глубинах третьей зоны происходит медленно в течение длительного геологического времени из области высокого залегания их. От этой приподнятой области, расположенной в высоких северных и северо-западных районах Украинского кристаллического массива, происходит движение в более пониженные области и при этом постепенно происходит вытеснение минерализованных и хлоридных вод.

Сток идет в направлении Южно-Украинского бассейна. Таким образом, Причерноморское понижение может создавать медленную разгрузку хлорито-натриевых вод описываемого района и окружающего кристаллического массива путем подпитывания вод палеогеновой толщи, слагающей Причерноморское понижение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. К. Гидрогеологическое исследование долины р. Ингульца. Труды ЮОМО, вып. XI, Одесса, 1928.
2. Гершойг Ю. Г. Результати свердлення 147 м свердловини № 120 на Криворіжжі. Геолог. журнал АН УССР, т. III, в. 3—4, 1936.
3. Гембицкий С. С., Алексеев А. М. Гидрогеологический очерк окрестностей г. Кривого Рога. Наукові записки Днепропетровського Наук. Досл. Ін-ту геолог II, стр. 249—274, 1927.
4. Зеленко А. Е., Жарий С. Г. Химический состав шахтных вод Криворожья. Разведки недр, 1935, № 15.
5. Маков К. И. Подземные воды Криворожской впадины. Комитет по делам геологии УССР. М.—Киев, 1940.
6. Маков К. И. Районные депрессии напорных вод в пределах Днепровско-Донецкой впадины. Всесоюзный научно-инж. техн. общ. Киевск. отд., Киев, 1940.
7. Нотаров В. Д. Ход и следствия затопления шахт Криворожского бассейна. Горный журнал, 1948, № 3.
8. Осипов П. К вопросу борьбы с шахтными водами. Горный журнал, 1937, № 9.
9. Соколов Н. Гидрогеологические исследования в южной и юго-восточной части Херсонской губ. Известия геол. ком., т. XII, 1893.
10. Соколов Н. Гидрогеологические исследования Херсонской губ. Труды геол. ком., т. XIV, 1896.

Л. И. МАРТЫНЕНКО

НОМЕНКЛАТУРА ЖЕЛЕЗИСТЫХ ПОРОД КРИВОГО РОГА

Названия железистых пород Кривого Рога не были постоянными и изменялись по мере их изучения.

До 1925 г. железистые породы Криворожского железорудного бассейна назывались кварцитами. Среди них выделялись тонкослоистые разновидности, которые назывались «типичными кварцитами». Грубослоистые разновидности железистых пород назывались «нетипичными» кварцитами.

П. П. Пятницкий первым из исследователей Кривого Рога указал, что названия «типичные» и «нетипичные» кварциты являются неправильными, так как основным генетическим признаком железистых пород Кривого Рога является некластичность элементов их составляющих.

Считая нерациональным придумывать для железистых пород Кривого Рога какую-либо новую номенклатуру, П. П. Пятницкий предложил принять существующую номенклатуру для аналогичных пород Верхнего озера (США). С этого момента железистые породы Кривого Рога стали называть джеспилитами и железистыми роговиками.

Эти названия были приняты бригадой бывшего Геологического комитета, которая в течение ряда лет занималась изучением Криворожского железорудного бассейна. Эта же номенклатура была принята и всеми геологами, работающими в бассейне.

Разделение железистых пород на джеспилиты и железистые роговики геологами бассейна проводилось на том основании, что джеспилиты в своем составе совершенно не содержат силикатов и, кроме того, обладают выдержанной тонкой слоистостью с мощностью прослоев, не превышающей 2 мм. Железистые роговики, в свою очередь, делились по минералогическому составу.

Позже, в 1950 г., в статье «О номенклатуре некоторых горных пород Криворожья», Ю. И. Половинкина указывает, что термины «железисто-кварцевые роговики» и «железисто-силикатно-кварцевые роговики» являются неправильными по своему образованию. Ю. И. Половинкина считает, что термин «роговик» был применен по отношению криворожских железистых пород на основании их мелкозернистости и кварцевого состава.

Исследуя изменение содержания термина «роговик», Ю. И. Половинкина приходит к выводу, что минералогическое значение термина «роговик» к настоящему времени устарело и может быть отброшено. Вместе с тем она указывает, что термин «роговик» приобрел определенный смысл в отношении контактово-метаморфизованных осадочных пород, близких по составу к глинистым сланцам. Но, по мнению Ю. И. Половинкиной, криворожские породы не являются породами, возникшими под влиянием термального контактового метаморфизма в том смысле, как это обычно понимается в петрографии. Следовательно, к ним термин «роговик»

в смысле контактовый роговик также не применим. На этом основании Ю. И. Половинкина предлагает вернуться к старой номенклатуре и называть криворожские железистые породы «кварцитами».

Петрогенетические исследования, проводившиеся нами в течение ряда лет, позволяют не согласиться с предложением Ю. И. Половинкиной на основании следующих положений.

1. Криворожские железистые породы, как это известно всем исследователям, являются интенсивно метаморфизованными породами. Метаморфизм пород проходил неравномерно. Так, породы верхней сланцевой толщи изменены значительно слабее, чем породы среднего и нижнего отделов. Это подтверждается тем, что для пород верхнего отдела наиболее высокотемпературным минералом является биотит, в то время как для пород среднего и нижнего отделов характерен комплекс более высокотемпературных минералов, таких как гранаты, пироксены, амфиболы, дистен, ставролит и др.

2. Нет никаких сомнений в том, что метаморфизм пород саксаганской свиты Кривого Рога обусловлен контактными воздействиями интрузивных комплексов, внедрявшихся в нее в разное время.

По мнению Н. П. Семененко, Я. Н. Белевцева и В. Н. Котляр, внедрение гранитоидных интрузий имело место как до отложения верхней сланцевой толщи, так и после ее образования.

Таким образом, контактовые воздействия гранитоидных интрузий на железистые породы не вызывают сомнения.

3. Работами русских ученых существенным образом изменены старые представления о причинах метаморфических процессов.

Так, Д. С. Коржинский дал широкое теоретическое обоснование процессов, возникающих на контакте гранитоидных интрузий с различными вмещающими породами, он доказал, что контактные процессы происходят за счет диффузионных явлений в водных растворах как заполняющих поры в породах, так и двигающихся по зонам трещиноватости. Д. С. Коржинским также разработаны представления о подвижности компонентов, принимающих участие в контактных процессах. Это позволило дать анализ парагенетическим взаимоотношениям минералов пород, возникающих в результате контактных процессов.

В. Соболев, развивая идеи Д. С. Коржинского, указывает, что процесс происходит в присутствии поровых водных растворов, причем вода является вполне подвижным компонентом и ее содержание в образующихся минералах зависит исключительно от соотношения инертных компонентов и температуры. Повидимому, почти всегда является обязательным привнос воды из магмы, особенно в период регрессивного метаморфизма.

Таким образом, новые представления о контактовых явлениях рассматривают изменение минерального состава метаморфизующихся пород как результат метасоматических замещений, происходящих в водных растворах.

Все эти новые представления заставляют совершенно иначе рассматривать процессы образования метаморфических пород. Если до последнего времени метаморфические породы рассматривались как породы, перекристаллизовавшиеся в твердом состоянии, с образованием соответствующих кристаллобластических структур, то после указанных выше работ русских ученых мы должны рассматривать их как породы, возникшие в ореоле контактных воздействий интрузивных масс в связи с метасоматическими процессами. Это вызывает необходимость коренных изменений и в представлениях о формировании структур метаморфических пород. Мы можем с полной уверенностью утверждать, что старые пред-

ставления о структурах метаморфических пород, строящиеся на теории бластеза, должны быть почти полностью отброшены. Это совершенно ясно из того, что структуры метаморфических пород возникают не в условиях перекристаллизации в твердом состоянии (бластез), а метасоматическим путем в водных растворах, возникающих как за счет дегидратации осадочных пород, так и за счет привноса водных растворов из магматических очагов.

В настоящее время работа по генетическому исследованию структур метаморфических пород, в соответствии с современными представлениями на процессы метаморфизма, еще не проведена, но это совершенно не значит, что в оценке структур и текстур метаморфических пород мы должны исходить из устаревших положений теории бластеза.

Работы русских ученых вызывают необходимость критически пересмотреть и номенклатуру метаморфических пород и привести ее в соответствие с состоянием современной теории метаморфических процессов.

Не ставя перед собой эту задачу, мы считаем необходимым подчеркнуть, что криворожские железистые породы, как выявляют наши петрогенетические исследования, претерпели, по меньшей мере, двухкратные контактово-метаморфические воздействия, причем во многих участках бассейна железистые породы почти полностью изменили свой минеральный состав в период второй фазы контактово-метаморфических воздействий. Учитывая, что существенной частью железистых пород после их двукратного метаморфизма остается тонкозернистый кварц, к которому в том или ином количестве присоединяются реликты минералов первой фазы и силикаты второй фазы, мы считаем, что они полностью подходят под номенклатуру роговиков как контактово-метаморфизованных пород.

В связи с современными взглядами на характер контактово-метаморфических процессов должна быть значительно расширена группа роговиковых пород, как пород, наряду с новообразованиями силикатов, существенно состоящих из кварца.

До сих пор в семействе роговиков не описывались породы, аналогичные железистым породам Кривого Рога. Но это вместе с тем совершенно не исключает необходимости включить их в это семейство после того, как на основании детальных петрогенетических исследований выявлена их природа.

К таким интенсивно измененным породам относятся роговики первого, второго, четвертого, пятого и шестого железистых горизонтов. Как показывают исследования, местами они превращены в роговики, состоящие из актинолита и куммингтонита, замещающего рудные и частично роговиковые прослои. Такие актинолито-куммингтонитовые роговики получили большое развитие на юге бассейна. Они в значительной части слагают Лихмановский антиклинал.

Значительное развитие такие роговики получили и на севере Саксаганской полосы. В Желтореченском районе актинолито-куммингтонитовые роговики переходят в эгириновые роговики. В них эгирин, аналогично куммингтониту в актинолито-куммингтонитовых роговиках, развивается за счет рудных прослоев и только частично метасоматически замещает роговиковые прослои.

Считаем необходимым подчеркнуть это положение в связи с тем, что Ю. И. Половинкина в своей статье «О номенклатуре некоторых горных пород Кривого Рога» ошибочно указывает, что эгириновые роговики совершенно не содержат кварца и на этом основании предлагает их называть эгиринитами.

В подавляющем большинстве случаев роговиковые прослои в эгириновых роговиках сохраняются.

Петрогенетические исследования эгириновых роговиков показывают, что эгирин в них развивается, отражая более высокотемпературную стадию контактово-метаморфических процессов.

Развитие более высокотемпературных минералов не меняет характера контактово-метасоматических процессов и поэтому не вызывает необходимости в какой-либо другой номенклатуре контактово-метаморфических пород. Учитывая, что основной существенной частью породы, в случае развития эгирина, остается мелкозернистый кварц, часто с типично роговиковой структурой, мы считаем целесообразным называть такие контактово-метаморфические породы эгириновыми роговиками. Мы считаем эгириновые роговики наиболее высокотемпературной контактово-метаморфической породой Кривого Рога.

Считаем необходимым отметить, что в оценке процессов формирования эгириновых роговиков у нас нет какого-либо расхождения с Ю. И. Половинкиной, которая указывает, что они являются гидротермально-метасоматическими образованиями, причем эгирин развивается в них за счет замещения других минералов породы.

Ю. И. Половинкина не останавливается на последовательности и комплексе причин, вызвавших гидротермально-метасоматические изменения в эгириновых роговиках, и это, на наш взгляд, и привело к тому, что конечные выводы Ю. И. Половинкиной по вопросу номенклатуры железистых пород Кривого Рога не отражают ни генезиса, ни причин последующих изменений железистых пород и потому являются ошибочными.

Исторический и петрогенетический подход заставляет нас сделать вывод, что железистые породы Кривого Рога под влиянием контактово-метаморфических воздействий интенсивно изменены и их минеральный состав полностью отражает интенсивность контактово-метасоматических процессов. Считаем необходимым отметить, что все указанные выше положения и заставляют нас не согласиться с положением Ю. И. Половинкиной называть криворожские железистые породы кварцитами.

Такое название железистых пород Кривого Рога совершенно не отражает условия их генезиса, а также и процессы их последующего метаморфизма.

Таким образом, мы считаем, что термин «железистый роговик» в отношении криворожских железистых пород является вполне правильным, отражающим наши современные представления о процессах формирования метаморфических пород.

Касаясь существующей в практике криворожских геологов номенклатуры железистых пород, мы считаем необходимым отметить, что наряду с вполне правильными названиями железистых силикатных роговиков существуют и такие неудачные названия, как джеспилит, как разновидность железистого роговика, не содержащего силикатов.

Мы считаем, что настало уже время отказаться от терминов «джеспилит» в связи с тем, что этот термин не является генетическим, хотя он и отражает (далеко не всегда) имеющееся сходство этой железистой породы с яшмой. Термин «джеспилит» мы предлагаем заменить термином «магнетито-гематитовый роговик». Такой термин, отражая минералогический состав породы, вместе с тем указывает и на ее генезис.

Таким образом, железистые породы, по нашим представлениям, образуют обширное семейство роговиковых пород, возникших за счет контактово-метаморфических процессов, которым подверглись первичные железистые хемогенные осадки со стороны гранитоидных интрузий, внедрявшихся в толщу пород саксаганской свиты Кривого Рога.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Новые данные о стратиграфии криворожских пород. Бюлл. криворожского НИГРИ, 1940, № 3—4.
2. Грубенманн У. и Ниггли П. Метаморфизм горных пород, 1933.
3. Каниболоцкий П. М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна. Черновицы, 1946.
4. Каршенбаум А. П. Геологическое строение северной части Саксаганской полосы Криворожского железорудного бассейна. Днепропетровск, 1940.
5. Коржинский Д. С. Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности. Труды Ин-та геол. наук, в. 12, 1940.
6. Коржинский Д. С. Понятие о геохимической подвижности элементов. Зап. Всес. минерал. об-ва, 1940, № 3—4.
7. Коржинский Д. С. Образование контактовых месторождений. Изв. АН СССР, серия геол., 1945, № 3.
8. Пятницкий П. П. Генетические отношения криворожских рудных месторождений. Ч. 2, Железистые роговики и джеспилиты. Труды Ин-та прикладной минералогии и петрографии, в. 17, 1925.
9. Тенатар И. И. О номенклатуре горных пород Кривого Рога в связи с вопросом их образования и корреляции. Изв. Днепр. горного ин-та, 1948, т. 18.
10. Харкер А. Метаморфизм. ОНТИ НКТП, 1937.

М. И. КАЛГАНОВ

О НАЗВАНИИ ПОЛОСЧАТЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ПОРОД ДОКЕМБРИЯ

В связи с публикуемой в настоящем сборнике статьей Л. И. Мартыненко «Номенклатура железистых пород Кривого Рога» мы считаем необходимым кратко изложить здесь общепринятую точку зрения на название упомянутых железистых пород Кривого Рога и других районов Советского Союза.

В нашей отечественной литературе геологи уже давно вполне рационально называют полосчатые докембрийские метаморфические железистые породы «железистыми кварцитами».

Это название обоснованно применяли к подобным породам Кривого Рога и КМА А. Д. Архангельский, В. И. Лучицкий и И. И. Танатар. Н. М. Страхов также называет такие породы «железистыми кварцитами», когда характеризует в своей монографии («Железорудные фации и их аналоги в истории Земли», 1947) докембрийские метаморфические железистые породы, которые имеют широкое распространение на всем земном шаре. «Железистыми кварцитами» подобные породы называют теперь все геологи СССР, которым приходится заниматься изучением этих кварцитов на КМА, Кольском полуострове, Урале, в Казахстане, Туве, Якутии, Саянах и на Дальнем Востоке.

Ю. И. Половинкина вполне обоснованно также предлагала называть эти породы «железистыми кварцитами» и в Кривом Роге. Однако многие геологи Криворожья и до сих пор продолжают придерживаться устаревших и по существу неправильных терминов, называя железистые кварциты Кривого Рога «джеспилитами» и «железистыми роговиками».

М. С. Точилин в одной из своих рукописных работ правильно указывал на несостоятельность и нерациональность терминов «джеспилит» и «железистый роговик» в применении к криворожским докембрийским железистым породам и предлагал их назвать железистыми кварцитами. К джеспилитам в Кривом Роге относят тонкополосчатые разности железистых кварцитов, а более грубополосчатые разности этих кварцитов называют «железистыми роговиками». Обе эти разновидности железистых кварцитов не имеют существенного различия в минералогическом составе и различаются между собой лишь по толщине слагающих их прослойков (кварцевых и магнетито-гематитовых).

Некоторые геологи Криворожья начинают уже сами испытывать неудобства от применения ими необоснованной и нерациональной терминологии для названия железистых кварцитов.

Так, например, Я. Н. Белевцев в инструкции, составленной им в 1954 г. для геологических партий и экспедиций Кривого Рога, предлагает при документации железистых кварцитов оставить пока старые названия «джеспилит» и «железистый роговик» до появления нового более рационального названия. Как следует из этой инструкции, Я. Н. Белевцев

также признает необоснованность и нерациональность старой терминологии для железистых кварцитов, но в то же время он оговаривается, что термин «железистые кварциты» для названия докембрийских железистых пород Криворожья якобы по генетическим соображениям не подходит. Мы пока не знаем, какое более рациональное название для железистых кварцитов Кривого Рога предложит Я. Н. Белевцев (да и нужно ли оно?), но необоснованность и непригодность старых терминов для этих кварцитов признается и этим автором.

Л. И. Мартыненко в своей статье, публикуемой в настоящем сборнике, пишет, что «настало уже время отказаться от термина «джеспилит» в связи с тем, что этот термин не является генетическим, хотя он и отражает (далеко не всегда) имеющееся сходство этой железистой породы с яшмой». Этот термин он предлагает заменить термином «магнетито-гематитовый роговик». Но этот предложенный им новый термин не упрощает, а, наоборот, усложняет название этих пород (железистых кварцитов). Однако мы вполне согласны с Л. И. Мартыненко относительно изъятия из употребления термина «джеспилит» и предлагаем заменить его термином «железистый кварцит». Такое название этим породам совершенно обоснованно дано и в недавно вышедшем «Геологическом словаре». Следовательно, это название вошло уже прочно в русскую геологическую литературу.

Термин «железистый роговик» Л. И. Мартыненко предлагает сохранить для названия всех криворожских железистых кварцитов. Он считает, что железистые кварциты как метаморфические горные породы образовались в результате контактового метаморфизма, который они претерпели под действием «гранитоидных интрузий». Поэтому железистые кварциты Кривого Рога, он предлагает отнести к семейству роговиков, которые всегда образуются при метаморфизме глинистых сланцев в контакте интрузивных пород. Однако если согласиться с мнением Л. И. Мартыненко, то к семейству роговиков следует отнести и все другие метаморфические породы Криворожского бассейна — различные кристаллические сланцы, безрудные кварциты и другие, так как эти породы в равной степени и одновременно с железистыми кварцитами претерпели метаморфизм.

Однако невозможно допустить мысль о том, что все докембрийские метаморфические породы, которые весьма широко распространены в земной коре, могли образоваться только в результате контактового метаморфизма под действием интрузий. Метаморфические породы (в том числе и железистые кварциты) во многих случаях не сопровождаются интрузивными породами, которые могли бы оказать на них метаморфизующее воздействие. В Кривом Роге, на КМА и в других районах залежи железистых кварцитов прослеживаются на десятки и даже на сотни километров, а интрузивные породы лишь в отдельных (небольших по площади) участках прорывают эти кварциты. Поэтому эти интрузивные породы не смогли оказать метаморфизующее воздействие на те железистые кварциты, которые удалены от них на значительное расстояние. Следовательно, формирование огромных толщ докембрийских метаморфических пород (кристаллических сланцев, железистых и безрудных кварцитов, парагнейсов и др.), распространенных на больших площадях, происходило не при воздействии на них интрузий, которые могли метаморфизовать лишь незначительную часть этих пород в приконтактовых зонах. Все эти метаморфические породы образовались в результате других геологических процессов, которые носили региональный характер и происходили в земной коре в течение весьма продолжительного времени.

Поэтому попытка Л. И. Мартыненко отнести железистые кварциты Кривого Рога к семейству роговиков необоснована и название этих докембрийских железистых пород «железистыми роговиками» нерационально и по существу неправильно.

Установившееся и общепринятое название этих пород «железистыми кварцитами» вполне обосновано и рационально. Кварцевые прослойки, слагающие обычно около 50% состава этих пород, по текстуре, структуре и минералогическому составу аналогичны кварцитам. Наличие же в этих породах значительного количества (около 50%) железистых прослойков, состоящих из магнетита и гематита (железной слюдки) и равномерно чередующихся с кварцевыми прослойками, явилось достаточным основанием для исследователей, чтобы дать этим породам вполне рациональное название — железистые кварциты.

Следует отметить, что железистые кварциты Кривого Рога, КМА и других месторождений СССР не похожи по текстуре (и во многих случаях по структуре) ни на яшмы, ни на роговики.

Как известно, роговиком (по определению Ф. Ю. Левинсон-Лессинга и Э. А. Струве, см. «Петрографический словарь») называется сильно метаморфизованный в контакте с гранитом (и интрузивными породами вообще) глинистый сланец, потерявший сланцеватость и имеющий весьма плотное, полнокристаллическое строение и раковистый излом.

Джеспилитами (по определению тех же авторов) называют в США железистые кварциты или кремнистые железняки (полосчатые или брекчиевидные) района Верхнего озера. Поэтому нет никакой необходимости заменять русское, вполне рациональное, всем понятное и уже укоренившееся название «железистых кварцитов» американским и к тому же нерациональным и мало понятным для многих русских геологов термином «джеспилит».

В Кривом Роге, на КМА и в других районах Советского Союза железистые кварциты имеют отчетливо выраженную слоистую (полосчатую) текстуру (см. в атласе М. И. Калганова, фиг. 2—12 и 20—82), неравномерно-зернистую структуру (фиг. 83—100), не обладают раковистым изломом, нередко имеют отчетливо выраженное зернистое и даже крупнозернистое строение и совершенно не похожи на роговиковое вещество, за внешнее сходство с которым и были названы роговиками сливные контактово-метаморфические породы. Следовательно, совершенно невозможно признать правильным и рациональным рекомендуемый Л. И. Мартыненко термин «железистые роговики» для названия докембрийских железистых пород Кривого Рога, так как эти метаморфические слоистые породы не имеют никакого сходства с роговиками ни по своему генезису, ни по внешнему облику.

Название криворожских метаморфических железистых пород докембрия «джеспилитами» и «железистыми роговиками» является не только нерациональным, но оно вносит и излишнюю путаницу в название и понятие «железистых кварцитов», когда аналогичные кварциты других месторождений геологи пытаются сравнить с хорошо изученными железистыми кварцитами Кривого Рога. При этом у некоторых исследователей возникает сомнение в возможности сравнения железистых кварцитов других месторождений с железистыми кварцитами Кривого Рога, так как в Кривом Роге якобы отсутствуют железистые кварциты и развиты лишь «джеспилиты» и «железистые роговики».

Поэтому здесь приходится лишь выразить пожелание геологам Криворожья полностью отказаться от нерациональных и по существу неправильных терминов «джеспилит» и «железистые роговики», отчасти не критически позаимствованных П. П. Пятницким без особой надобности

у американских геологов, и называть в дальнейшем докембрийские метаморфические полосчатые железистые породы Криворожского железорудного бассейна железистыми кварцитами. При детальном описании толщи железистых кварцитов Криворожья следует, конечно, выделять среди этих кварцитов различные текстурно-минералогические типы и разновидности (тонкополосчатые, крупнополосчатые магнетитовые, магнетито-гематитовые и т. п.), так как это позволит полнее охарактеризовать толщу железистых кварцитов Криворожья.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции 5

И. П. Бардин. К проблеме промышленного освоения железорудных ресурсов Курской магнитной аномалии 7

А. М. Терпигорев. Из истории открытия и исследования Курской магнитной аномалии 10

Л. Д. Шевяков. О разработке железорудных месторождений районов Курской магнитной аномалии 16

С. С. Смирнов-Верин (Постоянная комиссия по железу СОПС АН СССР). Ближайшие задачи по освоению природных ресурсов Курской магнитной аномалии 20

И. С. Шапиро (Постоянная комиссия по железу СОПС АН СССР). Современное состояние и перспективы развития черной металлургии Центра СССР . . 36

А. Н. Сперанский и *Л. П. Скупник* (Госплан СССР и Постоянная комиссия по железу СОПС АН СССР). Природные условия и экономические ресурсы районов Курской магнитной аномалии 46

Б. П. Епифанов. (Московский институт цветных металлов и золота). Геологическое строение Воронежской антеклизы и изучение ее полезных ископаемых 64

Н. Г. Шмидт. (Всесоюзный геофизический трест). Геофизические исследования на КМА и их результаты 76

М. И. Островский. (Всесоюзный геофизический трест). О рельефе рудно-кристаллического основания Русской платформы в районе Курского железорудного бассейна 109

А. А. Прозоровский. (Министерство геологии и охраны недр СССР). Состояние разведанности и геологические перспективы района КМА 122

М. И. Калганов (Институт геологических наук АН СССР). Железорудный бассейн Курской магнитной аномалии 146

А. Я. Могилевский и *М. Н. Сахарова* (Министерство геологии и охраны недр СССР). О поисках богатых железных руд на юго-западной окраине Курской магнитной аномалии 237

Д. С. Коржинский. Эндогенные метасоматические процессы и проблема богатых руд в Курской магнитной аномалии 246

Н. А. Плаксенко (Горно-геологическая станция АН СССР на КМА). Общие черты структуры и стратиграфии докембрия Курской магнитной аномалии 252

Б. П. Епифанов (Московский институт цветных металлов и золота). Об угловом несогласии и перерыве в отложениях между свитой железистых кварцитов и сланцево-карбонатной свитой докембрия Воронежской антеклизы . . 280

А. С. Егоров (Институт геологических наук АН СССР). О структуре толщи железистых кварцитов Коробковского месторождения Курской магнитной аномалии 285

Н. Ф. Аникеева (Институт геологических наук АН СССР). О железистых кварцитах докембрийской толщи Курской магнитной аномалии 319

В. С. Дмитриевский и *Т. С. Колодиева* (Горно-геологическая станция АН СССР на КМА). О гранитоидных породах Курской магнитной аномалии . . . 327

В. С. Дмитриевский, Е. А. Санина и *В. Минчин* (Горно-геологическая станция АН СССР на КМА). Результаты испытаний механической прочности железорудных кварцитов КМА 351

А. И. Мушенко (Институт геологических наук АН СССР). О геологическом строении и состоянии геологической изученности области Курской магнитной аномалии 362

В. Н. Преображенская (Горно-геологическая станция АН СССР на КМА). Стратиграфия юрских и девонских отложений территории Курской магнитной аномалии 371

И. В. Попов (Лаборатория гидрогеологических проблем АН СССР). Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Курской магнитной аномалии . . 400

И. Н. Павлов (ВСЕГИНГЕО). Гидрогеологические условия Курской магнитной аномалии в связи с вопросами осушения 403

Ю. В. Мухин (Лаборатория гидрогеологических проблем АН СССР). Об осушении толщи богатых железных руд Курской магнитной аномалии . . . 430

И. Г. Киссин (Лаборатория гидрогеологических проблем АН СССР). Гидрогеологические условия разработки железистых кварцитов Коробковского месторождения Курской магнитной аномалии 438

И. Н. Павлов (ВСЕГИНГЕО). Общие гидрогеологические условия разработки Михайловского месторождения 452

Ф. В. Кулибаба (Министерство геологии и охраны недр СССР). О влиянии речного дренажа на режим подземных вод на территории Курской магнитной аномалии 462

М. А. Покровский (Главруда Министерства черной металлургии СССР). Освоение железорудных месторождений Курской магнитной аномалии . . 469

И. В. Орлов (Гипромез). Ближайшие перспективы и направления использования железистых кварцитов и богатых руд Курской магнитной аномалии . . 480

М. И. Агошков и *З. А. Терпогосов* (Институт горного дела АН СССР). Горно-эксплуатационные проблемы Курской магнитной аномалии 491

Б. Г. Вайнштейн (Комбинат «КМАРУДА». Применение системы разработки открытыми камерами с отбойкой руды вертикальными глубокими скважинами на опытном руднике комбината «КМАРУДА» 498

М. М. Смирнова (Постоянная комиссия по железу СОПС АН СССР). Современное состояние горноэксплуатационных работ на КМА 505

С. О. Славутский (Трест гидромеханизация). Применение гидромеханизации на Лебединском карьере Курской магнитной аномалии 510

В. Н. Воронин, А. Е. Смолдырев, В. С. Никитин и *В. И. Усков* (Институт горного дела АН СССР). Борьба с пылью в горных выработках на опытном кварцитовом руднике Курской магнитной аномалии 516

И. Н. Плаксин, В. И. Трушлевич и *А. С. Сладков* (Институт горного дела АН СССР). Научно-исследовательские работы по обогащению железистых кварцитов КМА и ближайшие задачи 525

Г. И. Юденич и *М. И. Мягков* (Механобр). Опытное обогащение и агломерация железных руд Курской магнитной аномалии 551

Я. Н. Белевцев (Академия наук УССР) Сопоставление железорудных свит докембрия СССР 568

Д. С. Коржинский. Связь богатых руд Кривого Рога с процессами коры выветривания 589

Л. И. Мартыненко (Научно-исследовательский горнорудный институт Кривбасса). Генезис богатых железных руд Саксаганского района Криворожского бассейна 594

Г. В. Тохтуев (Трест Дзержинскруда). К вопросу о генезисе железных руд Криворожского бассейна 617

Л. И. Мартыненко (Научно-исследовательский горнорудныый институт Криворожского бассейна). К вопросу о генезисе «красковых» руд Кривого Рога 631

М. Н. Доброхотов (Украинское геологическое управление). К вопросу о генезисе Кременчугского железорудного месторождения 641

Я. М. Грицков (Украинское геологическое управление). Геологическое строение Попельнастовского железорудного месторождения и некоторые соображения о его генезисе 647

В. Д. Нотаров (Трест Дзержинскруда). Подземные воды Криворожского железорудного бассейна 656

В. Д. Нотаров (Трест Дзержинскруда). К вопросу формирования трещинных вод Саксаганской полосы Криворожского железорудного бассейна 674

Л. И. Мартыненко (Научно-исследовательский горнорудный институт Криворожского бассейна). Номенклатура железистых пород Кривого Рога . . 679

М. И. Калганов (Институт Геологических Наук АН СССР). О названии полосчатых железистых пород докембрия 684

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
149	11 св.	должна	должно
157	8 св.	в статье	в статьях
173	21 св.	кварцитами	кварцевыми
184	29 сн.	коагулировались	коагулировали
208	19 св.	в карцевых	кварцевых
272	22 сн.	В просмотре	При просмотре

Зак.180с

Подписано к печати 12/VII 1955 г.
Формат бум. 70×108$^{1}/_{16}$. Бум. л. 21,63. Печ. л. 59,25+60 вкл.
Уч. изд. л. 57,5+6,3 вкл. Зак. 180с.

5457