

В. М. Борзунов, Л. М. Гроховский

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. М. Борзунов, Л. М. Гроховский

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



МОСКВА «НЕДРА» 1978



2490

Борзунов В. М., Гроховский Л. М. Поиски и разведка месторождений минерального сырья для химической промышленности. М., «Недра», 1978. с. 264.

Книга посвящена вопросам поисков, разведки и промышленной оценки месторождений горнохимического сырья. В ней приведены общие сведения о полезных ископаемых, используемых химической промышленностью, освещено состояние сырьевой базы и направления развития геологоразведочных работ на горнохимическое сырье, описаны генетические и промышленные типы месторождений, даны рекомендации по поискам, разведке и геолого-экономической оценке месторождений горнохимического сырья. Значительное место в работе уделено вопросам документации, опробования, изучению вещественного состава и технологии переработки горнохимического сырья. Освещены вопросы его комплексного использования.

Книга предназначена для геологов, занимающихся поисками, разведкой и разработкой месторождений горнохимического сырья. Она будет полезна также преподавателям и студентам геологоразведочных высших учебных заведений.

Табл. 19, ил. 16, список лит. — 130 назв.

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ,
ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

Химическая промышленность — многоотраслевая область производства, выпускающая широкий ассортимент продукции, для изготовления которой используется различное сырье. Однако уровень развития химической промышленности определяется объемом производства серной кислоты, что в значительной степени обуславливается применением ее в производстве минеральных удобрений, потребляющих примерно одну третью часть всего ее производства. Для получения серной кислоты используется разнообразное серосодержащее сырье: самородная сера, сера, содержащаяся в колчеданах и нефти, а также в природных газах. В последние годы разработана методика получения серы из сероводородных вод. В ряде стран серу извлекают из гипса и ангидрита. Использование для производства серной кислоты различных видов сырья, содержащего серу, в разных странах обуславливается имеющейся сырьевой базой и экономическими факторами. В последние годы большое влияние на выбор сырья оказывает необходимость защиты природы от ее загрязнения.

В Советском Союзе в настоящее время для производства серной кислоты используются серный колчедан, самородная сера, а извлечение серы из газов и нефти только развигается.

Бесыма крупным потребителем серы, кроме производства серной кислоты, является производство искусственного волокна (вискозы), где она используется для получения сероводорода. В меньших количествах сера используется для получения ультрамарина, синьки, сернистых красителей, синтетического каучука, для производства инсектицидов. В небольшом количестве она применяется как микроудобрение. В большинстве из указанных производств используется элементарная сера, характеризующаяся высокой чистотой (до 99,9%).

Значительная часть серной кислоты используется в производстве минеральных удобрений.

Для производства суперфосфата, концентрированных и сложных удобрений: двойного суперфосфата, преципитата, аммофоса, нитрофоса, нитрофоски и других — используются апатитовые и фосфоритовые руды и концентраты.

Рост и развитие вегетативных органов растений зависят от содержания в почве калия.

В СССР производят и широко применяют хлор-калиевые удобрения, получаемые из сильвинитовых руд. Однако присутствующий в них хлор полезен и нужен не для всех культур. В умеренных количествах он необходим для сахарной свеклы (повышает сахаристость) и солончаковых растений. Для картофеля хлор вреден, так как снижает содержание крахмала в клубнях. На урожайность и качество картофеля, табака, чая, винограда и цитрусовых благотворное влияние оказывают сульфатные калийные удобрения, для производства которых используются главным образом каинит-лангбейнитовая порода, пенил, глазерит и другие сульфатно-калийные соли.

Наряду с фосфором и калием сельскохозяйственные культуры, особенно технические, нуждаются в азотных удобрениях, основным видом которых являются аммиачная селитра и мочеви́на. Выпускаются также и менее концентрированные азотные удобрения: сульфат аммония, кальциевая и натриевая селитра.

Азот очень подвижный элемент, вследствие чего источников связанного азота в природе мало. Поэтому для производства азотных удобрений используется азот воздуха и в меньшей степени аммиак, получаемый при коксовании углей.

Практический интерес для производства азотных удобрений могут представлять природные азотные газы и отходы нефтеперерабатывающей промышленности.

Для жизнедеятельности растений необходим также магний.

Для производства магниевых удобрений используются магниевые соли, магниевые-карбонатные и магниевые-силикатные породы.

В условиях жаркого и сухого климата происходит засоление почв. В таких почвах чаще всего содержатся хлористые, сернокислые и углекислые соли натрия, магния и кальция. Основными удобрениями для таких почв являются гипс и ангидрит, реже (на кислых почвах) — мел и молотый известняк, известь-пушонка, гашеная известь, а также мергель.

Для нормальной жизнедеятельности растений и животных, кроме основных элементов, необходимы также и такие, как иод, бор, марганец, медь, цинк, железо, алюминий, ванадий, кобальт, никель, молибден, кадмий, литий и другие, которые содержатся в растениях и животных организмах в тысячных и сотых долях процента.

При недостатке указанных элементов в почве их необходимо вносить в нее в виде удобрений. В незначительных количествах такие элементы обычно называют микроудобрениями.

Сырьем для получения необходимых для сельскохозяйственных культур микроудобрений являются бедные марганцевые и железомарганцевые, хромитовые, медные, цинковые, никель-кобальтовые, ванадиевые, молибденовые и другие руды, идущие обычно в отвалы, шламы (хвосты) обогатительных фабрик, перерабатывающих различные руды, шлаки заводов цветной металлургии, сажистые угли многих крупных углеразрезов, пиритные огарки сернокислотных цехов химических комбинатов.

Кроме производства удобрений большое количество минерального сырья используется основной химической промышленностью. Насчитывается более десятка тысяч производств химической промышленности, в которых используется минеральное сырье. Одним из наиболее крупных производств является производство каустической соды, используемой в мыловаренной, текстильной, бумажной, красочной и фармацевтической промышленности, в производстве искусственного шелка, резиновом и спичечном производстве, в лесотехнической, нефтяной и пищевой промышленности.

Для производства кальцинированной (безводной) соды исходным сырьем является поваренная соль и известняк.

Помимо производства кальцинированной соды насчитывается еще более 1500 химических производств, где используется поваренная соль или продукты ее переработки. Среди них наиболее крупным является производство каустической соды, соляной кислоты, хлористого аммония, хлористого кальция, хлора и др. В химическом производстве расходуется около 50% всей добываемой поваренной соли.

Калийные соли, применяемые в основном для получения удобрений, используются в производстве еще более 30 видов химических продуктов, где основной составной частью является калий. Главнейшие из них: хлористый калий, каустический калий, поташ, калиевая селитра, бертолетова соль, цианистый калий, марганцевокислый калий, хромпик, бромистый калий, иодистый калий и др. Из карналлита, кроме хлористого калия, получают также хлористый магний, производство которого освоено также из сульфатных калийно-магниевых солей.

Для получения сернистого натрия, соды, сульфата аммония, сульфата калия, ультрамарина используется сульфат натрия.

Для производства углекислой и двууглекислой соды применяется также природная сода, однако из-за ограниченности запасов и небольшого числа месторождений последняя в химической промышленности играет относительно небольшую роль.

Фосфориты и апатиты, кроме производства фосфорных удобрений, все более широко применяют для получения различных солей фосфорной кислоты (технических фосфатов). Наибольшее распространение получили различные фосфаты натрия, значительную часть которых используют для смягчения воды и в качестве моющих средств. Промышленностью выпускаются также различные хлористые, сернистые, органические и другие соединения фосфора.

Значительное место в продукции химической промышленности занимают соединения фтора, из которых наибольшее применение имеют криолит и фтористый алюминий, используемые для производства алюминия. С этой же целью в небольшом количестве используется и фтористый натрий.

Выпускаемые химической промышленностью неорганические фториды и фторсиликаты применяются в качестве дезинсекторных средств. Фтористый водород используется в промышленности неорганического синтеза, а также при получении высокооктанового бензина.

Фторпроизводные углеводов применяются в атомной энергетике, используются как смазочные материалы и пластмассы, обладающие высокой химической и термической устойчивостью и т. д.

Фтористые соли и другие фторсодержащие продукты получают из фтористоводородной кислоты, исходным сырьем для которой является плавиковый шпат.

Существенное место в сырьевой базе химической промышленности занимают карбонатные породы. Кроме производства косвенных минеральных удобрений и соды известняки широко применяются для производства карбида кальция. Из других продуктов, выпускаемых химической промышленностью с использованием известняков, следует отметить едкий калий и едкий натрий, цианамид кальция, хлор и хлорную известь, бертолетову соль, угольную кислоту и углекислый газ.

Доломит в химической промышленности является одним из источников окиси магния и других его соединений, в частности гидроокиси и основной углекислой соли. Выпускаемая промышленностью белая или легкая магнезия, а также жженая магнезия применяются в качестве фармацевтического препарата. Белая магнезия используется также в производстве изоляции, резины, в качестве катализатора, как составная часть красок и для других целей. Доломиты также служат сырьем для получения технической углекислоты, сернокислого и хлористого магния и других продуктов.

Для получения сернокислых и других соединений магния и производства лечебных препаратов используется также магнезит.

Большое количество разнообразных полезных ископаемых используется для производства красок, лаков и эмалей в качестве природных пигментов: интенсивно окрашенные глины, известняки, доломиты, боксит, окисленная железная руда (охры, мумин, сурики), мел, волконскоит, окисленные медные руды, глауконит, лазурит, марганцевые руды, уголь, сажа и т. д.

Природные пигменты часто добываются попутно с основным полезным ископаемым (железными, марганцевыми, медными, полиметаллическими и другими рудами) и, к сожалению, нередко используются не как пигменты, а для выплавки металлов, что, учитывая ограниченность ряда пигментного сырья и ничтожную долю окрашенных руд в общем балансе запасов руд месторождений, нельзя признать целесообразным. Запасы руд, используемых как пигменты, необходимо подсчитывать и учитывать отдельно как сырье для получения красок.

Для производства бариево-цинковых белил, различных солей и препаратов бария используются барит и витерит, а для получения йода и брома — йодобромные воды.

Приведенный перечень полезных ископаемых, используемых химической промышленностью, является далеко не полным. По существу трудно назвать полезное ископаемое, которое в той или иной степени не рассматривается или не может быть рассмотрено как сырье для производства химических продуктов. Даже такие, казалось бы не имеющие прямого отношения к химическому производству, породы, как диатомиты, используются в производстве пластических масс в качестве наполнителя. Дальнейший прогресс науки и техники еще более расширит диапазон минерального сырья, используемого химической промышленностью, откроет новые свойства известных полезных ископаемых и определит новые области их применения.

ГЛАВА II
СЫРЬЕВАЯ БАЗА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Развитие химической промышленности зависит от наличия и структуры ее минерально-сырьевой базы. Советский Союз располагает значительными разведанными запасами серосодержащего сырья, способными полностью удовлетворить как текущую, так и перспективную потребность в сере. Структура использования серосодержащего сырья для производства серной кислоты в отдельных странах отличается большим разнообразием и, по данным НИУИФ, характеризуется следующими цифрами (табл. 1).

Таблица 1

Структура использования в 1972 г. серосодержащего сырья для производства серной кислоты в промышленно развитых странах

Страна	Вид сырья, %				Страна	Вид сырья, %			
	сера (самородная и газовая)	колчедан	ангидрит	прочие (в том числе серосодержащие газы промпредприятий)		сера (самородная и газовая)	колчедан	ангидрит	прочие (в том числе серосодержащие газы промпредприятий)
СССР	26,1	44,7	—	29,2	Франция	77,3	9,7	—	13,0
США	81,5	3,6	—	14,9	Англия	78,2	5,1	11,4	5,3
Япония	4,0	35,0	—	61,0	Италия	20,7	67,0	—	12,3
ФРГ	27,3	46,7	—	26,0					

Как видно из таблицы, во многих странах в структуре использования сырья для производства серной кислоты преобладает элементарная сера. В Советском Союзе и других европейских и азиатских странах значительное место занимает серный колчедан.

Разведанные суммарные запасы самородной серы и серы в газовых месторождениях сосредоточены на Украине, в РСФСР, Туркменской ССР и Узбекской ССР. Запасы собственно самородной серы сконцентрированы на Украине, в РСФСР и Туркменской ССР. Географическое размещение месторождений самородной серы на территории страны нельзя признать удовлетворительным: все они сосредоточены на Украине, в Поволжье, на Курильских островах и в Туркмении.

В настоящее время промышленностью осваиваются главным образом месторождения самородной серы. Очистка природного газа с получением элементарной серы только развивается, и в 1974 г. ее доля в общем балансе самородной серы составила всего лишь немногим более 13%.

В 1974 г. разрабатывалось пять месторождений самородной серы (Водинское в Поволжье, Подорожненское, Язовское и Роздольское в УССР, Гаурдакское — в Туркмении) и организовано получение элементарной серы на двух газовых месторождениях (Оренбургском в РСФСР и Уртабулакском в Узбекской ССР).

Большие ресурсы серы в нашей стране сосредоточены в серных колчеданах, заключенных как в собственно серноколчеданных рудах, так и в комплексных: медноколчеданных, полиметаллических, медно-никелевых, касситерит-сульфидных и магнетитовых.

Основные запасы и добыча серы из серного колчедана и комплексных руд сосредоточены в Уральском экономическом районе и в Башкирской АССР. Главным поставщиком кускового серного колчедана и пиритных флотоконцентраторов является медная промышленность.

Большое количество серы получается в процессе обжига и плавки сульфидных руд. Получаемые при этом отходящие газы, содержащие сернистый ангидрид, используются также для производства серной кислоты. В черной металлургии на коксохимических заводах из отходящих газов, содержащих сероводород, также получают серную кислоту и элементарную серу.

Дальнейшее расширение сырьевой базы серной промышленности возможно за счет вовлечения в промышленное освоение детально разведанных (Немировского и Сырейско-Каменодольского) и разведываемых (Загайпольского и Нового) месторождений самородной серы, а также максимально полного извлечения серы из природного газа. Последнее направление является наиболее перспективным. Во многих районах страны основным источником получения серы по-прежнему останется серный колчедан и отходящие газы заводов цветной металлургии, что обуславливает необходимость при разведке полиметаллических, медных и других руд изучать и давать оценку содержащейся в них серы.

Советский Союз располагает значительными запасами фосфатного сырья, основная часть которого используется для производства удобрений. Фосфатное сырье представлено как апатитами, так и фосфоритами, причем апатит в нашей стране имеет большее значение, чем фосфориты, что обусловлено высоким содержанием и сложностью технологической переработки руд большинства месторождений фосфоритов страны.

Общие запасы фосфатного сырья в Советском Союзе составляют около 12,8 млрд. т (1,8 млрд. т P_2O_5), из которых около 9 млрд. т (1,3 млрд. т P_2O_5) разведано по промышленным категориям. Кроме того, более 2 млрд. т (100 млн. т P_2O_5) содержится в комплексных фосфорсодержащих рудах железорудных и редкометалльных месторождений.

Из общего количества более 40% всех разведанных промышленных запасов фосфатного сырья приходится на апатит-нефелиновые и апатитовые руды. Доля фосфоритов в общесоюзных запасах составляет более 50%, а комплексных руд — менее 10%. Доля фосфоритов в общих перспективных запасах (категории C_2) достигает 80—85%.

Разведанные запасы фосфатных руд распределены на территории страны неравномерно. Они сосредоточены в РСФСР (59,4%), Казахской ССР (32,6%) и Эстонской ССР (4,4%).

В РСФСР ведущими по запасам фосфатных руд являются Северо-Западный (40,0%), Волго-Вятский (7,9%), Центральный (5,2%) и Восточно-Сибирский (4,7%) экономические районы.

Комплексные апатитсодержащие руды сосредоточены в основном в Северо-Западном (57,8%) и Восточно-Сибирском (36,1%) экономических районах. В меньшей степени они распространены в Уральском (5,3%) экономическом районе и в Украинской ССР (0,8%).

Промышленные запасы апатитовых руд сосредоточены на Кольском полуострове и в Бурятской АССР. Кольские руды представлены преимущественно апатит-нефелиновыми разностями, в Бурятской АССР — апатитовыми диоритами.

Запасы апатит-нефелиновых руд месторождений Кольского полуострова составляют более 3,0 млрд. т (более 480 млн. т P_2O_5), разведанных по категориям А + В + С₁ и более 660 млн. т — по категории С₂.

Апатит-нефелиновые руды хорошо обогащаются флотацией с получением высокосортного апатитового концентрата, содержащего 39,4% P_2O_5 .

Запасы апатитовых руд Ошурковского месторождения в Бурятской АССР составляют 874 млн. т по категориям А + В + С₁ (34,8 млн. т P_2O_5) и 122 млн. т — по категории С₂ (4,3 млн. т P_2O_5). Апатитовые руды бедные. Содержание P_2O_5 в них составляет в среднем около 4%. Флотацией возможно получение апатитовых концентратов, содержащих от 34,7 до 39,7% P_2O_5 . Извлечение фосфорного ангидрида из руд колеблется от 78,4 до 96,2%.

Комплексные апатитсодержащие руды развиты в Мурманской, Свердловской, Читинской и Иркутской областях РСФСР, а также на Украине. Комплексные руды характеризуются обычно невысоким содержанием P_2O_5 , которое колеблется на отдельных месторождениях от 2,8—4,0 до 7,0—11,7%. Технология переработки комплексных руд большинства месторождений разработана недостаточно и требует дальнейшего совершенствования. Разведанные запасы фосфоритов в нашей стране в значительной своей части характеризуются невысоким содержанием фосфорного ангидрида, что снижает технико-экономические показатели их использования. Фосфориты представлены конкреционным (желваковым), ракушечным, микрзернистым и остаточно-метасоматическим типами. Конкреционные фосфориты развиты в Центре страны, Волго-Вятском районе и в Актюбинской области Казахстана. Содержание P_2O_5 в них находится в основном в пределах 5—17%. Значительная часть фосфата в них представлена лимонно-растворимой формой, что позволяет использовать эти фосфориты в качестве удобрения непосредственно в виде фосфоритной муки.

Наиболее крупными месторождениями конкреционных фосфоритов являются Чилисайское, Егорьевское и Вятско-Камское. Для Чилисайского месторождения в Актюбинской области разработана технология получения из конкреционных фосфоритов концентрированных удобрений. Ведутся работы по разработке технологии получения концентрированных и сложных удобрений из фосфоритов Егорьевского и Вятско-Камского месторождений.

Ракушечные фосфориты также содержат довольно значительное количество фосфата в усвояемой растениями форме и до последнего времени использовались главным образом для производства фосфоритной муки. В последнее время разработана технология получения из ракушечных фосфоритов Кингисеппского месторождения концентрированных удобрений. Содержание P_2O_5 в ракушечных фосфоритах невысокое (6,3—12,7%), но они хорошо обогащаются флотацией с получением высококачественных концентратов, содержащих до 28—30% P_2O_5 .

Запасы ракушечных фосфоритов сосредоточены в Эстонской ССР и Ленинградской области.

Наиболее крупными являются Кингисеппское месторождение в Ленинградской области и месторождение Тоолсе в Эстонской ССР.

Микрзернистые фосфориты содержат фосфатное вещество в такой форме, при которой оно плохо усваивается растениями, вследствие этого их необходимо подвергать химической переработке с целью перевода фосфатного вещества

в усвояемую растениями форму или же перерабатывать для получения фосфора.

Разведанные запасы микрозернистых фосфоритов сосредоточены в основном в Каратауском фосфоритоносном бассейне в Южном Казахстане. Здесь выделяется 12 месторождений, но основные запасы сосредоточены на пяти из них: Аксайском, Джаны-Тас, Чулактау, Коксу и Кокджон.

В меньшей степени микрозернистые фосфориты развиты в Западной Сибири в Горной Шории. Наиболее изученным является Белкинский месторождение, запасы которого оцениваются в 18,9 млн. т по категории C_1 и 147 млн. т — по категории C_2 .

Остаточно-метасоматические фосфориты известны в Горной Шории, Красноярском крае, Иркутской области и Западном Прибайкалье. Запасы руд на предварительно изученных месторождениях колеблются от 25 до 170 млн. т при среднем содержании 14—21%. Руды с повышенным содержанием P_2O_5 могут непосредственно использоваться для производства фосфоритной муки. Обогащаются руды трудно и до настоящего времени промышленной схемы их обогащения не разработано.

В промышленном освоении в 1974 г. находилось 13 месторождений, из них четыре месторождения апатит-нефелиновых руд (Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый Цирк и Плато Расвумчорр) и девять месторождений фосфоритов (Егорьевское, Полпинское, Вятско-Камское и Сендюковское желваковых фосфоритов, Кингисеппское и Маарду — ракушечных, Джаны-Тас, Чулактау и Аксайское — микрозернистых).

По запасам калийных солей Советский Союз занимает второе (после Канады) место в мире. Общие балансовые запасы калийных солей по состоянию на 1 января 1975 г. составили 167,8 млрд. т (24,6 млрд. т в пересчете на K_2O), в том числе 32,5 млрд. т (5,5 млрд. т K_2O) детально разведанных по категориям $A + B + C_1$.

Основные разведанные запасы (96,4%) сосредоточены на восьми крупных месторождениях, расположенных в Пермской области РСФСР (62,1% общесоюзных запасов), Белорусской ССР (19,3%) и Туркменской ССР (10,3%). В районах Сибири и Дальнего Востока месторождения калийных солей до настоящего времени не выявлены, что обуславливает перевозку калийных удобрений на большие расстояния, достигающие 7 тыс. км и как следствие этого большие транспортные расходы (до 20 руб. за тонн/).

Из общего количества разведанных запасов 86,5% приходится на хлористые соли и 13,5% на серноокислые.

В эксплуатации находится четыре месторождения: Верхнекамское на Урале, Старобинское в Белоруссии, Калуж-Голыньское и Стебниковское на Украине.

На эксплуатируемых в настоящее время месторождениях сосредоточено 27,8% всех разведанных запасов калийных солей. С подготавливаемыми к эксплуатации месторождениями процент этот возрастет до 52,7. Остальные запасы приходятся на резервные и разведываемые месторождения.

Природные ресурсы поваренной соли в нашей стране исчисляются сотнями миллиардов тонн. Только разведанные по категориям $A + B + C_1$ запасы по состоянию на 1 января 1975 г. составляют около 91 млрд. т, а по категории C_2 — более 131 млрд. т. Кроме того, более 2 млрд. т соли содержится в рассолах.

Разведанные запасы поваренной соли могут удовлетворить потребности страны практически на неограниченный срок. Основные запасы каменной соли

сосредоточены в Днепровско-Донецкой впадине, Бахмутской котловине, Предкарпатье и Закарпатье, на Украине, в Белоруссии, Поволжье, Прикаспии и на Урале, а также в Средней Азии, Восточной Сибири. Месторождения самосадочной соли находятся в Причерноморье, в Нижнем Поволжье, Прикаспии, в районах Средней Азии, Казахстане и Западной Сибири. Соляные источники известны в Предкарпатье, на севере европейской части СССР и в Восточной Сибири. Размещение запасов поваренной соли на территории страны удовлетворительное.

Из 84 разведанных месторождений каменной и садочной соли в эксплуатации находится 28, запасы которых составляют 21,5% всех разведанных запасов страны. Все месторождения рассолов разрабатываются. В 1974 г. было добыто более 19,3 млн. т каменной и садочной соли и 59 тыс. т из рассолов.

Основными районами сосредоточения соледобывающей промышленности являются Поволжье (44,8%), Украина (36,1%), Казахстан (5,4%) и Урал (3,9%). В меньших количествах соль добывается в Центральном районе европейской части СССР, в Закавказье, Туркмении, Таджикистане, Западной и Восточной Сибири.

Вследствие неблагоприятно сложившегося размещения добывающих и потребляющих соль предприятий перевозки соли чрезвычайно велики. С целью сокращения перевозок намечается изменение в размещении предприятий, добывающих соль, за счет ввода в эксплуатацию новых как месторождений, так и фабрик по производству пищевой и технической соли на предприятиях химической промышленности.

Балансом запасов карбонатного сырья для химической промышленности по состоянию на 1 января 1975 г. учтены 25 месторождений известняка, 8 месторождений мела и 2 месторождения доломитов с суммарными балансовыми запасами около 4 млрд. т, из которых около 2,7 млрд. т разведаны по кат. А + В + С₁.

Основные запасы карбонатного сырья для химической промышленности сосредоточены в Тульской, Белгородской, Куйбышевской, Волгоградской, Пермской, Иркутской, Читинской областях, Башкирской и Бурятской АССР, Краснодарском и Красноярском крае РСФСР, Таджикской и Туркменской ССР. Значительными ресурсами карбонатного сырья, пригодного для химической промышленности, располагает Казахстан. Небольшие запасы имеются в Армянской, Азербайджанской и Украинской ССР. Разведанные запасы карбонатного сырья полностью обеспечивают потребности химической промышленности на сотни лет. На долю эксплуатируемых месторождений приходится лишь 14,1% всех учтенных балансовых запасов известняка и мела. Основная масса балансовых запасов (56,6%) карбонатного сырья для химической промышленности сосредоточена в резервных разведанных месторождениях, которые являются сырьевой базой для расширения действующих и строительства новых предприятий.

Добыча карбонатного сырья для химической промышленности в 1974 г. осуществлялась на 9 месторождениях, на которых было добыто около 12 млн. т известняка и мела. Более половины всех добытых карбонатных пород используется для производства соды, в меньшем количестве — карбида кальция и резины. Ведущее место в добыче карбонатного сырья принадлежит РСФСР (65% общесоюзной) и Украинской ССР (23,4%). В небольших размерах добыча производится в Казахской ССР (6,8%) и в Армянской ССР (4,8%). Главная роль в добыче карбонатного сырья в РСФСР принадлежит Поволжью и Уралу.

Балансовые запасы сульфата натрия по состоянию на 1 января 1975 г. учтены по 15 месторождениям. Представлены они тенардитом, мирабилитом, сульфатными солями, сернокислым натрием в рапе, смешанными солями и рассолами. Основное количество запасов сульфата натрия и вся добыча сосредоточены в Туркменской ССР и Алтайском крае. В Туркменской ССР разведано одно месторождение рассолов, содержащих мирабилит и тенардит (Кара-Богаз-Гол), и одно месторождение астраханита (оз. Куули).

Разведанные месторождения сульфата натрия имеются также в Курганской и Омской областях, а также в Бурятской АССР, Казахстане и Узбекистане. Освоение этих месторождений в ближайшее время не намечается. Разведанные запасы могут полностью удовлетворить потребности страны как в настоящее время, так и в перспективе.

Запасы брома в Советском Союзе довольно значительны; сконцентрированы они в 27 месторождениях. 13 месторождений представлены рапой и рассолами, 8 — глубинными водами, 5 — карналлитовой породой, сильвинитом и смешанными солями, одно — бишофитом.

Кроме брома, глубинные воды содержат и йод.

В СССР бром добывается из всех трех типов промышленных месторождений. Наибольшее его количество в 1974 г. добыто из твердых солей, представленных сильвинитом и карналлитом (39,6% всей добычи) и из глубинных вод (33,4%), меньше из рапы озер (27%). Извлечение брома из твердых солей организовано не на всех рудниках.

Производимое в стране количество брома не обеспечивает полностью производство антидетонаторов для моторного топлива, фото- и кинопромышленности, медицины, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства.

Для обеспечения растущей потребности намечается увеличить мощности ряда действующих заводов.

Основным источником йода являются подземные воды, часто содержащие также и бром. Разведанные запасы йода сосредоточены на 13 месторождениях.

В 1974 г. разрабатывалось 8 месторождений, в которых заключено 52,9% общесоюзных запасов йодосодержащих вод. Наибольшее количество йода добыто из сбросных вод нефтепромыслов, а также из йодо-бромных вод.

Для обеспечения растущей потребности в йоде медицины, кино- и фотопромышленности, производства реактивов и других отраслей народного хозяйства намечается увеличить мощности действующих заводов и осуществить строительство новых.

Борное сырье в нашей стране представлено боросиликатами, боратами и комплексными борато-магнетитовыми рудами. Боросиликаты представлены двумя минеральными типами: датолитом и данбуритом, а бораты — широким комплексом минералов (бура, ипсонит, колеманит, ашарит, гидроборацит, улексит и др.)

На 1 января 1975 г. разведаны шесть месторождений борного сырья, из которых три представлены датолит-данбуритовыми рудами, два — боратами и одно комплексными борат-магнетитовыми рудами. В 1974 г. эксплуатировались два месторождения: одно боросиликатов, а другое боратов.

Советский Союз располагает значительными разведанными запасами плавиковошпатовых руд, способных полностью удовлетворить как текущие, так и перспективные потребности страны в флюорите. Около 44% собственно плавиковошпатовых руд сосредоточено в Приморском крае. Удельный вес районов Восточной Сибири в общем балансе запасов плавиковошпато-

вых руд СССР составляет около 27%, причем основные запасы находятся на территории Читинской области. В Средней Азии в общем балансе запасов плавиковошпатовых руд первое место занимает Казахская ССР (около 13% общесоюзных запасов), далее идут Таджикская ССР (7%) и Узбекская ССР (6,8%). В Украинской ССР известно сравнительно крупное Покрово-Киреевское месторождение, запасы которого составляют около 3% общесоюзных.

Основные запасы комплексных плавиковошпатовых руд сосредоточены в Челябинской области (58% общесоюзных) и в Хабаровском крае (32%). Запасы этих руд имеются также в Бурятской АССР (около 7%) и Киргизской ССР (около 3% общесоюзных).

При общих значительных ресурсах плавиковошпатовых руд разведанные месторождения представлены в основном мелкокристаллическим флюоритом, не позволяющим получать кусковой плавиковый шпат. Несмотря на значительные ресурсы плавикового шпата в стране, достигнутый уровень производства удовлетворяет потребность страны в этом виде сырья всего лишь на 70%.

Запасы баритовых руд в Советском Союзе сосредоточены как на собственно баритовых месторождениях, так и на комплексных.

Руды собственно баритовых месторождений характеризуются различным содержанием барита: от 15 до 100%. Руды легко обогащаются от вмещающих барит пород.

Комплексные баритовые месторождения по минеральному составу подразделяются на колчеданные барит-полиметаллические, барит-полиметаллические, кварц-барит-флюоритовые и редкометалльно-барит-флюорит-железородные.

В настоящее время в Советском Союзе промышленное значение для химической промышленности имеют собственно баритовые месторождения. Барит комплексных месторождений обычно не отвечает требованиям химической промышленности по чистоте и белизне и используется в качестве утяжелителя при бурении глубоких нефтяных и газовых скважин.

Однако в ряде случаев получаемый при обогащении комплексных руд баритовый концентрат пригоден для использования в химической промышленности. Кроме того, на многих комплексных месторождениях встречаются залежи, сложенные собственно баритовыми рудами.

Из перечисленных выше комплексных руд в настоящее время в нашей стране основное промышленное значение имеют колчеданные барит-полиметаллические и барит-полиметаллические руды, обычно объединяемые в одну минеральную группу — сульфидно-баритовых руд. Содержание барита в сульфидно-баритовых рудах колеблется от 5 до 75%, а в обособленных собственно баритовых рудах — от 50 до 90%.

Балансом запасов на 1 января 1975 г. учитывалось 51 месторождение баритовых руд, из них 16 собственно баритовых, 34 комплексных, представленных сульфидно-баритовым типом руд, и одно — железорудно-флюорит-баритовое.

Разведанные промышленные запасы баритовых руд на территории страны распределены неравномерно и районы добычи их не совпадают с основными районами потребления.

В 1974 г. в СССР эксплуатировались 27 месторождений: 11 собственно баритовых и 16 комплексных, на которых суммарные балансовые запасы барита составляют 48,9% общесоюзных. К сожалению, потребность народного хозяйства отечественным баритом удовлетворяется всего лишь на 45—50%.

В нашей стране разведана крупная сырьевая база минеральных пигментов. По состоянию на 1 января 1975 г. было известно 128 месторождений минеральных пигментов, в том числе 79 глинистого типа, 28 железисто-окисного, 8 — земляного, 7 — кремнеземистого и 6 — волконскоита. Суммарные запасы минеральных пигментов составляют более 35 млн. т, в том числе 2,3 млн. т глинистых, 1,1 млн. т железисто-окисных, 1,2 млн. т — кремнеземистых, 73 тыс. т — земляных и 74 т волконскоита.

На территории РСФСР разведано 99 месторождений, из них 40% всех месторождений сосредоточено в районах Северо-Запада, но они имеют небольшие запасы.

В других союзных республиках разведано 34 месторождения, в том числе в Армянской ССР — 7, Украинской — 8, Казахской — 8, Таджикской — 3, Азербайджанской и Узбекской — по 2, Туркменской ССР и Грузинской ССР — по одному.

Самые крупные запасы минеральных пигментов сосредоточены в Украинской ССР на месторождении Целик р. Саксагань (16 млн. т по кат. А + В + С₁). Эти пигменты представлены как железисто-окисным, так и глинистым типом.

Значительные разведанные запасы охр имеются на Мотском месторождении в Иркутской области (1787,5 тыс. т), Новоселицком — в Украинской ССР (1753 тыс. т), а также на Тайгинском месторождении в Кемеровской области (2246 тыс. т).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОВЫХ И РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ГОРНОХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Состояние минерально-сырьевой базы химической промышленности свидетельствует о том, что по всем видам полезных ископаемых она полностью обеспечивает промышленность на ближайшие годы, а по многим из них и по уровню развития химической промышленности на 1990—2000 гг.

Такое положение говорит о том, что главная задача геологов, занятых на поисках и разведке месторождений горнохимического сырья, заключается сейчас не в простом наращивании разведанных запасов, а в создании таких минерально-сырьевых ресурсов, которые бы оказывали прогрессивное влияние на развитие химической промышленности — этой важной отрасли социалистического производства.

Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг., принятыми XXV съездом КПСС, определены главные задачи геологоразведочных работ на десятиую пятилетку.

Одной из таких задач является выявление и разведка новых запасов в районах действующих предприятий. Ее решение связано нередко с необходимостью пересмотра установившихся представлений об условиях локализации руд в известных районах, деления руд на богатые и бедные, разработкой новых прогрессивных методов добычи, обогащения и переработки горнохимического сырья.

Для успешного решения этой задачи необходимо критически проанализировать степень геологической изученности известных районов развития горнохимического сырья, пересмотреть теоретические представления об условиях локализации руд в этих районах, использовать передовой опыт добычи, обогащения и переработки горнохимического сырья как нашей страны, так и промышленно развитых капиталистических стран.

Научно-технический прогресс в геологоразведочных работах на горнохимическое сырье тесно связан с разработкой рациональных комплексов геофизических методов и приборов для поисков месторождений, причем главное место должно быть отведено созданию аппаратных комплексов, включающих электронно-вычислительные машины, позволяющие оперативно обрабатывать первичную информацию.

Внедрение геохимических методов поисков по первичным и вторичным ореолам рассеяния многих видов горнохимического сырья требует коренного улучшения аналитической службы производственных геологических организаций и научно-исследовательских институтов, создания надежных теоретических основ интерпретации выявленных аномалий.

Основное направление развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. — «повысить техническую оснащенность геологоразведочных работ, создать и внедрить в производство новое высокопроизводительное оборудование, автоматизированные буровые установки, аппаратуру, приборы». Для успешного решения этой задачи необходимо ускорить разработку принципиально новых более эффективных способов бурения, геофизических, геохимических и других исследований.

Важное народнохозяйственное значение имеет полное, комплексное и рациональное использование горнохимического сырья. При разведке месторождений геологи должны изучать возможность извлечения всех находящихся в рудах компонентов, определять области возможного использования отходов производства и вскрышных пород.

В задачу проектных организаций входит разработка мероприятий, направленных на комплексное использование и сокращение потерь ценного химического сырья.

Несмотря на то, что Советский Союз располагает богатейшими природными ресурсами горнохимического сырья, эти ресурсы не безграничны поэтому к их использованию необходимо относиться бережно. Мнение, что Советский Союз обладает неисчерпаемыми ресурсами для развития химической промышленности, требует пересмотра. Уже сейчас необходимо приступить к осуществлению мероприятий по наращиванию и улучшению структуры сырьевой базы многих отраслей химической промышленности.

Эти мероприятия должны осуществляться по четырем основным направлениям: а) расширение сырьевой базы действующих предприятий, повышение полноты, комплексности и эффективности добычи и использования горнохимического сырья; б) поиски и разведка новых крупных месторождений богатых руд, удобных для эксплуатации; в) интенсивные научные и экспериментальные работы в области освоения месторождений со сложными горнотехническими условиями, расположенными в районах дефицита сырья; г) разработка эффективных способов обогащения горнохимического сырья, позволяющих вовлечь в промышленное освоение значительные разведанные запасы бедных или технологически не освоенных руд.

Для реализации указанных мероприятий необходимо проведение широкого фронта исследований, основными из которых являются: 1) установление и обоснование как общих, так и локальных закономерностей геологического строения и размещения месторождений и углубления разработки и конкретизации на этой основе поисковых критериев; 2) разработка на формационной основе генетических классификаций; 3) составление прогнозных карт на отдельные виды горнохимического сырья и их комплексов; разработка научно обоснованной методики оценки прогнозных запасов; для районов действующих и проектируемых предприятий, а также для новых перспективных районов должны быть составлены средне- и крупномасштабные прогнозные карты, способствующие повышению эффективности поисковых работ в этих районах; 4) всестороннее изучение вещественного состава горнохимического сырья, технологии обогащения и переработки, обеспечивающее выявление и утилизацию всех компонентов, представляющих практический интерес; 5) совершенствования методики поисков и разведки месторождений, направленные на повышение их эффективности, качества и надежности получаемых результатов; 6) повышение достоверности данных бурения и опробования, точности аналитических работ, применение геофизических методов при поисках и разведке месторождений горнохимического сырья; 7) разработка методики эксплуатационной разведки, учета потерь и разубоживания руд при их добыче; 8) совершенствование систем вскрытия и разработки месторождений, внедрение принципиально новых способов добычи горнохимического сырья.

Из изложенного видно, что перед геологами в десятой пятилетке и в последующие годы стоят большие задачи, решение которых требует коллективных усилий геологов, технологов и горных инженеров, работающих в области создания и развития сырьевой базы химической промышленности.

2490

В Советском Союзе выявлены значительные ресурсы самородной и газовой серы, серных колчеданов. Они обеспечивают существующие мощности серных предприятий и серноокислотных заводов. Однако бурное развитие химической промышленности и особенно производство минеральных удобрений требует дальнейшего наращивания запасов серосодержащего сырья. При этом необходимо сосредоточить внимание на выявлении новых ресурсов серы, расположенных по возможности ближе к потребителям. Районами наиболее острого дефицита серы являются Восточная Сибирь и Дальний Восток. Из других районов следует отметить Западную Сибирь, северо-восток европейской части СССР, Северо-Западный район, Белоруссию, Среднюю Азию, Казахстан, центральные районы. В этих районах прежде всего должны проводиться поисковые работы на серу, при проведении которых необходимо иметь в виду, что промышленное значение в настоящее время имеют крупные месторождения с высоким качеством руд и благоприятными горнотехническими условиями эксплуатации. При геологопоисковых работах особое внимание следует уделять выявлению не выходящих на дневную поверхность залежей, так как большинство легко выявляемых близко расположенных к поверхности залежей уже открыты.

Помимо выявления месторождений в новых сероносных районах большие и ответственные задачи стоят и по отношению к действующим серным предприятиям. Задача геологов заключается не только в обеспечении действующих предприятий на полный амортизационный срок их работы при существующей производительности, но и в обеспечении возможности их расширения. Большим резервом здесь является разведка глубокозалегающих горизонтов и залежей серных руд, недоступных для открытой добычи и нерентабельных для организации подземных работ. Эти горизонты и залежи следует рассматривать как источник получения элементарной серы методом подземной выплавки. Усилия геологов и технологов должны быть сконцентрированы на решении главной задачи — повышении извлечения серы из недр с минимальными потерями ее при этом способе эксплуатации.

Большие перспективы открывает добыча серы из газовых месторождений. Производство серы из природных газов получило широкое развитие в Канаде, США, Франции и странах Ближнего Востока. Их опыт показал, что реализация газовой серы в значительной мере компенсирует затраты на очистку газов, при этом сера, получаемая из очищенных газов, высококачественная (чистота 99,9%) и почти в три раза дешевле серы, получаемой на горнообогатительных комбинатах. Кроме того, она высококонкурентна даже по сравнению с подземной выплавкой.

Значительное количество серной кислоты в нашей стране производится из серных колчеданов и серосодержащих газов, отходящих при переработке серосодержащих полиметаллических, медных и других руд. Утилизация серосодержащих отходов промышленности имеет не только большое экономическое, но и санитарно-гигиеническое значение. Вследствие этого задачей геологов является полная оценка серы во всех рудах и углях, где ее концентрация представляет промышленный интерес.

В СССР претворяется в жизнь широкая программа химизации сельского хозяйства и на этой основе осуществляется повышение урожайности всех сельскохозяйственных культур. Одним из главных видов удобрений являются фосфорные.

По общему количеству разведанных запасов химическая промышленность страны обеспечена фосфатным сырьем на современном уровне производства фосфорных удобрений. Однако приведенное в главе II состояние ресурсов



фосфатного сырья показывает, что уже сейчас промышленность испытывает затруднения в обеспечении ее дешевым и качественным сырьем. Прежде всего запасы фосфатного сырья размещены на территории страны крайне неравномерно. В основных сельскохозяйственных районах страны, на которые приходится около 70% всех посевных площадей, ресурсы фосфатного сырья крайне ограничены. Разведанные запасы фосфатного сырья в разных районах страны неравноценны по качеству. Если хибинские месторождения апатитов характеризуются высоким качеством, то преобладающая часть месторождений фосфоритов представлена низкокачественными труднообогатимыми рудами. В связи с этим значительные запасы желваковых фосфоритов остаются вне сферы промышленного освоения или используются для производства фосфоритной муки — малоэффективного вида фосфорных удобрений. Около половины запасов руд Вятско-Камского месторождения залегает на глубине более 25 м, что создает технические и экономические трудности в их освоении. Другая половина запасов фосфоритов этого месторождения, а также фосфориты Егорьевского, Полпинского и других месторождений центральных районов, хотя и характеризуются более благоприятными горнотехническими условиями отработки, но получение из них кондиционного концентрата, пригодного для дальнейшей переработки на концентрированные удобрения, сопряжено с серьезными технологическими трудностями. Все это предопределяет необходимость коренного изменения технологии разработки Вятско-Камского месторождения, позволяющей экономически выгодно осуществлять эксплуатацию глубокозалегающей части фосфоритовой залежи, а также форсирование разработки технологической схемы обогащения желваковых фосфоритов с получением концентратов, пригодных для переработки на концентрированные удобрения.

Развитие производства фосфорных удобрений после 1980 г. разведанной сырьевой базой не обеспечено. Осуществление его невозможно без наращивания запасов на известных месторождениях и главным образом без вовлечения в промышленное освоение новых источников фосфатного сырья.

Возможный уровень производства концентратов на базе Ошурковского и Белозиминского месторождений апатита и желтого фосфора из руд Телекского и Белкинского месторождений фосфоритов по масштабам приближается к потребностям в сырье Сибири и Дальнего Востока. Однако, несмотря на близость этих месторождений к транспортным коммуникациям и сельскохозяйственным районам, технико-экономические показатели их освоения весьма неблагоприятны: себестоимость апатитового концентрата, например, Ошурковского месторождения более чем втрое выше отпускных цен; проектная себестоимость 1 т желтого фосфора из руд Телекского месторождения на 25% выше, чем на заводах Южного Казахстана. Поэтому принятый в последние годы курс на резкое усиление геологоразведочных работ на фосфатное сырье в восточных районах должен быть направлен на выявление месторождений более высокого качества, чем уже известные.

В последние годы ускоренному развитию мировой фосфатной промышленности способствовало широкое внедрение в производство достижений научно-технического прогресса. Увеличение объемов добычи и ее удешевление в значительной степени обусловлены ростом мощностей отдельных рудников, повышением производительности добычного оборудования и транспортных средств, механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов. В СССР также последние 20 лет были периодом быстрого роста мощностей фосфатодобывающих предприятий. За указанный период в целом по стране средняя мощность рудника увеличилась почти в 10 раз. Есть все основания считать, что

и в будущем тенденция к росту единичных мощностей будет сохраняться. Однако, оценивая сырьевую базу отечественной фосфатной промышленности, следует иметь в виду, что из 70 месторождений, числящихся на балансе, лишь 18 позволяют организовать крупные предприятия, причем 7 из них уже разрабатываются.

Большинство крупных месторождений сосредоточены в периферийных малонаселенных районах, характеризующихся полным отсутствием или слабым развитием сельского хозяйства. Так, в Северо-Западном экономическом районе сосредоточены шесть месторождений (Хибинские и Ковдорское). Четыре месторождения (Каратау и Актюбинское) находятся в Казахстане и лишь два (Егорьевское и Вятско-Камское) размещены в Центральном и Волго-Вятском экономических районах.

Таким образом, в основных сельскохозяйственных районах, на которые приходится 68% всех посевных площадей, разведанные ресурсы фосфатных руд весьма ограничены или отсутствуют. Это предопределяет необходимость поисков и разведки крупных и весьма крупных месторождений фосфатного сырья и прежде всего в районах развития сельскохозяйственного производства.

Одновременно с ростом мощностей фосфатодобывающих предприятий в мировой практике наметилась четкая тенденция постепенного снижения качества фосфатного сырья, что обусловлено освоением более бедных руд, поскольку запасы высокосортных руд в значительной степени истощены. Эта тенденция, к сожалению, характерна и для нашей фосфатной промышленности. Достаточно сказать, что в последние 20 лет бортовое содержание P_2O_5 в рудах, например, Хибинских месторождений снизилось в 3—4 раза и в настоящее время составляет 4—6%. Ставится вопрос о снижении бортового содержания до 2% P_2O_5 . Естественно, что с ухудшением качества используемого промышленного сырья возрастает роль обогащения.

Одним из наиболее важных изменений в сфере производства фосфорных удобрений за рубежом было значительное повышение содержания в удобрениях полезного компонента. В общем выпуске продукции возрос удельный вес высококонцентрированных удобрений — двойного суперфосфата, нитрофосфатов, фосфатов и полифосфатов аммония. Одновременно заметно понизилась доля продукции с относительно низким содержанием P_2O_5 — простого суперфосфата и томасшлака.

Увеличение содержания P_2O_5 в фосфорных удобрениях существенно снижает затраты на их перевозку. Расчеты показывают, что повышение среднего содержания питательных веществ в удобрениях в СССР с 29,3% в 1970 г. до 36,6% в 1975 г. уменьшило объем перевозок на 3,7 млн. т и сократило грузооборот на 4 млрд. т/км, что дало на каждый миллион тонн питательных веществ более 16 млрд. руб. экономии.

Для снижения стоимости перевозок за рубежом проводятся исследования с целью получения удобрений, отличающихся сверхвысоким содержанием P_2O_5 . Новым продуктом является суперфосфорная кислота. На основе суперфосфорной кислоты изготавливаются жидкие удобрения. Эти удобрения будут приобретать все большее значение не только в связи со снижением транспортных расходов, но и в результате удобства внесения их в посевные земли.

Перспективным направлением является переход к выпуску полупродуктов, предприятия по производству которых создаются вблизи от месторождений. В области обогащения фосфатного сырья наиболее актуальной задачей является разработка промышленной схемы обогащения желваковых фосфоритов, используемых в настоящее время для производства фосфоритной муки

без предварительного обогащения, а также микрoзернистых фосфоритов бассейна Каратау.

Для решения этих вопросов намечается внедрить методы обжига для обогащения фосфатно-карбонатных руд, суспензионное обогащение для карбонатно-кремнистых фосфоритов Каратауского, Удско-Селемджинского и других бассейнов, электромагнитную, электростатическую сепарацию для выделения железистых и кремнистых минералов, а также разработать эффективные методы разделения фосфатных и карбонатных минералов, технологии комплексного обогащения руд Хибинского и Ковдорского массивов, Белозиминского и других месторождений.

Одним из важных направлений геологоразведочных работ на ближайшее десятилетие является разработка методики поисков, разведки и промышленной оценки месторождений фосфатного сырья, разработка которых будет осуществляться геотехнологическими методами. Разработка месторождений фосфатного сырья этими методами позволит вовлечь в промышленное освоение месторождения, эксплуатация которых традиционными методами открытых или подземных работ экономически невыгодна. Кроме того, в ряде случаев при разработке месторождений геотехнологическими методами улучшается качество сырья, вследствие отмыва фосфатов от вредных примесей.

Анализ обеспеченности разведанными запасами производства калийных удобрений показывает, что все действующие, строящиеся, а также намечаемые к строительству до 1990 г. калийные комбинаты полностью обеспечены разведанными запасами.

Сложившееся положение с обеспеченностью калийной промышленности запасами сырья ограничивает дальнейшие геологоразведочные работы решением задач оптимизации сырьевого обеспечения отрасли, к числу которых относятся: 1) улучшение территориального размещения запасов, при котором может быть достигнуто распределение производства калийной продукции и приближение поставщиков к потребителям; 2) совершенствование структуры сырьевых ресурсов путем подготовки для промышленного освоения запасов высококачественного сырья в благоприятных горнотехнических и экономических условиях; 3) совершенствование технологии переработки калийных солей с целью полного и комплексного их использования; разработка технологии извлечения хлористого калия и магнезия из руд смешанного состава.

Необходимость решения первой задачи обуславливается тем, что размещение балансовых запасов калийных солей на территории страны крайне неравномерно. Основные разведанные запасы (95,6%) сосредоточены в крупных месторождениях, расположенных в европейской части СССР и республиках Средней Азии. В районах Сибири и Дальнего Востока разведанных запасов калийных солей нет. Это обуславливает чрезвычайно большую дальность перевозок калийных удобрений. В 1974 г. средний радиус поставок их составил 1598 км.

Кроме того, сосредоточенность производства калийных удобрений в двух основных районах — Верхне-Камском и Белоруссии — отрицательно влияет на окружающую среду. Вследствие этого основной задачей геологов на ближайшее десятилетие является открытие новых месторождений, прежде всего в Сибири и на Дальнем Востоке, а также в районах непосредственного использования калийных удобрений. Весьма перспективным в последнем отношении является Призльтонский район, где по предварительным данным выявлены крупные солянокупольные структуры, содержащие калийные соли с высоким содержанием хлористого калия.

Из общего количества запасов калийных солей 86,5% приходится на хлористые соли и только 13,5% на сернокислые.

По содержанию калия хлористые соли являются более ценным сырьем, однако они пригодны для ограниченного числа видов сельскохозяйственных культур.

Сернокислые соединения калия, несмотря на более низкое содержание в них окиси калия, имеют важное значение для производства бесхлорных форм калийных удобрений. Единственным источником получения сульфатных удобрений в нашей стране являются месторождения Предкарпатъя. Перспективы открытия новых месторождений сульфатно-калиевых минералов типа каинита и лангбейнита, хорошо освоенных промышленностью, пока не ясны, за исключением возможности некоторого прироста запасов в районе эксплуатируемых месторождений Предкарпатъя. Сырьем для получения сульфата калия может быть полигалит, проявления которого встречены в ряде соленосных бассейнов, однако технология извлечения сульфата калия из полигалита нуждается в специальной разработке. Заслуживает изучения также возможность извлечения сульфата калия из смешанных солей Эльтонского месторождения, а также расширение попутного производства его из алунитов при производстве глинозема.

В общем объеме производства калийных удобрений бесхлорные удобрения в настоящее время составляют всего лишь 15%, что не обеспечивает потребности в них. Дальнейшее увеличение их производства сдерживается отсутствием сырьевых баз в районах, тяготеющих к потребителям. Это обстоятельство требует проведения широких поисковых и ревизионных работ с целью создания новых сырьевых баз сульфатно-калийных солей.

В последние годы значительно улучшилось качество калийных удобрений, выпускаемых нашей промышленностью. Более чем в два раза возрос удельный вес высокосортного хлористого калия в общем объеме удобрений, увеличился ассортимент бесхлорных калийных удобрений. При разведке месторождений калийного сырья необходима разработка таких технологических схем его переработки, которые позволили бы получать новые, богатые питательными веществами удобрения, в виде, удобном для их транспортировки и внесения в почву. К числу новых перспективных видов калийных удобрений следует отнести сульфат калия и калимагнезию, обогащенный каинит, гранулированный хлористый калий и др.

Калийсодержащее сырье месторождений нашей страны является комплексным. Первоочередной задачей геологов, занятых на поисках и разведке калийного сырья, является глубокое изучение вещественного состава солей и разработка передовой технологии, позволяющей извлекать и утилизировать все содержащиеся в солях полезные ископаемые и компоненты. Серьезные осложнения при эксплуатации месторождений калийных солей вызывает наличие в них зон, сложенных солями смешанного состава или солями с повышенным содержанием нерастворимого остатка. Вместе с тем, эти соли при достаточно хорошо разработанной технологии могли бы сами по себе представлять ценное сырье для химической промышленности, особенно соли смешанного состава, содержащие кроме калия и магний. При переработке этих солей на калийные удобрения образуются хлор-магниевые щелоки, которые в настоящее время не находят промышленного применения, а хранение их представляет весьма сложную задачу из-за большой их агрессивности по отношению к окружающей среде. Вместе с тем, в настоящее время намечается дефицит в магнезиальном сырье, что обусловлено ростом конверторного производства стали. Все это выдвигает

в качестве первоочередного направления работ на ближайшее десятилетие разработку технологии переработки калийных солей с повышенным содержанием хлористого магния и нерастворимого остатка, позволяющее полно и комплексно использовать все ресурсы калийно-магниевых сырья.

Для месторождений калийных солей характерны чрезмерно большие потери сырья при их разработке. Наряду с несовершенством технологии разработки большие потери обуславливаются и несовершенством методики их разведки, а нередко и грубыми нарушениями, допускаемыми геологами при их разведке. Необходимо совершенствовать методику разведки месторождений калийных солей, как в направлении уменьшения потерь, так и в направлении повышения достоверности разведочных данных. Такое совершенствование должно вестись в направлении оптимального сочетания объемов горных и буровых работ, широкого применения межскважинной геофизики, более правильного разделения объемов и видов работ, выполняемых в предпроектную стадию до вскрытия месторождения и после вскрытия его горноэксплуатационными выработками.

Горнодобывающие предприятия страны полностью обеспечены разведанными запасами поваренной соли, однако производство ее в ряде районов остается пока ниже уровня потребления. Так, например, РСФСР, которая производит 5 млн. т поваренной соли, потребляет 8 млн. т в год. В Белоруссии, Узбекистане, Киргизии, Грузии, Молдавии и республиках Прибалтики добыча поваренной соли не производится. В связи с этим, как в текущем пятилетии, так и в дальнейшем планируется значительное расширение мощности соледобывающих предприятий страны.

Одной из главнейших задач ближайшей перспективы (до 1980—1985 гг.) является увеличение количества поваренной соли, используемой химической промышленностью, поскольку в настоящее время эта важная отрасль народного хозяйства потребляет лишь около 50% всей добываемой соли. Решение этой задачи имеет важное народнохозяйственное значение.

Увеличение производства поваренной соли не потребует в ближайшие годы значительного прироста разведанных запасов, поскольку имеющаяся сырьевая база вполне достаточна для обеспечения этого производства на длительный период. Однако отдельные предприятия обеспечены разведанными запасами на ограниченный срок, что и обуславливает необходимость проведения разведочных работ по наращиванию запасов для отдельных действующих и проектируемых солерудников с целью ликвидации местного дефицита и улучшения структуры баланса запасов отдельных соледобывающих предприятий.

Большое народнохозяйственное значение имеет утилизация каменной соли, добываемой попутно при разработке месторождений калийных солей. При проведении разведочных работ на калийные соли необходимо давать полноценную характеристику каменной соли, проводить технологические испытания в объеме, необходимом для разработки технологии ее извлечения. Планируя геологоразведочные работы на поваренную соль, следует учитывать возможность удовлетворения потребности в ней за счет утилизации попутно добываемой соли на калийных месторождениях.

При разведке озерных месторождений поваренной соли необходимо учитывать комплексный их характер и наряду с оценкой поваренной соли давать промышленную оценку всех содержащихся в озере ценных компонентов, что значительно увеличит их промышленный потенциал.

Разведанная сырьевая база плавикового шпата обеспечивает потребности народного хозяйства страны на современном уровне на достаточный срок и

позволяет расширить производство плавиковошпатовой продукции. Однако высокие темпы роста отраслей промышленности, потребляющих флюоритовые концентраты и продукты его переработки, обуславливают необходимость дальнейшего развития поисковых и разведочных работ с целью создания резерва разведанных запасов плавикового шпата. Необходимость выявления новых запасов обуславливается еще и тем, что резервная сырьевая база плавикового шпата характеризуется низким качеством руд. Среднее содержание фтористого кальция в рудах резервных месторождений в два раза ниже, чем в рудах эксплуатируемых в настоящее время месторождений.

Резервные месторождения представлены в основном комплексными рудами (68%), извлечение флюорита из которых целесообразно только попутно с основными полезными компонентами и технологически не освоены карбонатно-флюоритовыми рудами (25%). Лишь 2% запасов резервных месторождений представлено кварц-флюоритовыми рудами и 5% силикатно-флюоритовыми. Создавшееся положение обуславливает необходимость поисков и разведки новых месторождений высококачественных, технологически освоенных руд. Задача эта сложная, так как высокая степень оплошеченности территории известных флюоритоносных провинций (Забайкальской, Среднеазиатской, Приморской) исключает возможность быстрого выявления традиционными методами новых высококачественных месторождений плавикового шпата. Это обстоятельство требует дальнейшего совершенствования методики поисков и разведки месторождений плавикового шпата. Улучшение методики поисков и разведки прежде всего должно идти по линии разработки высокоэффективных геофизических методов поисков, универсальной методики активационного каротажа скважин, позволяющих быстро оценивать содержание CaF_2 и мощность рудных тел, глубину их залегания без проходки большого объема разведочных выработок. Необходимо ускорить разработку методики определения геофизическими методами содержания в плавиковошпатовых рудах вредных примесей, а также разработку методики прослеживания сплошности оруденения нижних горизонтов месторождений без вскрытия их горными выработками.

Несмотря на относительно высокую обеспеченность разведанными запасами, потребности страны в плавиковом шпате, обеспеченность большинства действующих горнодобывающих предприятий сырьем пока еще невысокая (от 2 до 10 лет).

Учитывая, что для создания горных предприятий в новых районах потребуются значительные капиталовложения и длительный срок, первоочередной задачей геологов на ближайшее время является обеспечение сырьем действующих предприятий, как за счет выявления новых запасов высококачественных технологически освоенных руд, так и за счет разработки экономически выгодной технологии переработки карбонатно-флюоритовых и других труднообогатимых руд.

В Советском Союзе сырьевая база барита характеризуется крайней неравномерностью распределения. Источник наиболее качественного барита химического сорта ограничивается только несколькими месторождениями, находящимися в Грузии, Казахстане и Челябинской области РСФСР. Удаленность баритовой сырьевой базы от потребляющих центров, расположенных в основном в европейской части страны, ведет к дальним перевозкам, сильно удорожающим барит в пунктах его потребления. Ликвидация таких перевозок или, во всяком случае, их максимально возможное сокращение является весьма актуальной задачей, которая должна учитываться при планировании геологоразведочных работ.

В настоящее время потребность химической промышленности в барите отечественным производством не удовлетворяется и сырьевая база не позволяет существенно увеличить его производство. Вследствие этого необходимо усилить поисковые и разведочные работы на барит химического сорта. Необходимо улучшить качество изучения барита при разведке комплексных месторождений, так как нередко при их разведке не определяется белизна и другие показатели качества барита, что исключает возможность оценки его как сырья для химической промышленности.

В нашей стране разведана крупная сырьевая база минеральных пигментов, но промышленностью она освоена очень слабо. Многие месторождения характеризуются небольшими запасами, на которых невозможна организация крупных горнодобывающих предприятий. На ряде месторождений качество пигментов невысокое. Состояние сырьевой базы минеральных пигментов свидетельствует о необходимости поисков и разведки крупных месторождений высококачественных пигментов, пригодных для изготовления красок разнообразных интенсивных цветов, обладающих хорошей красящей и кроющей способностью, устойчивых к действию света, атмосферным явлениям, щелочам, воздействию морской и речной воды и т. д.

Основной надежностью работы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий является достоверность разведанных запасов и правильность определения степени их подготовленности для промышленного освоения.

В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг., утвержденных XXV съездом Коммунистической партии Советского Союза, подчеркивается необходимость «повышения качества подготовки запасов».

Как показывает опыт эксплуатации месторождений горнохимического сырья, достоверность разведанных запасов не всегда находится на достаточно высоком уровне. Причинами этого являются нерациональное расположение и использование разведочных выработок, нарушения технологии их проходки, невнимание к детальному изучению внутреннего строения и формы тел полезного ископаемого и особенно его вещественного состава и технологических свойств.

Существенную помощь в повышении достоверности разведочных данных должна оказать рудничная геологическая служба. Это обуславливает необходимость укрепления и совершенствования геологической службы на всех действующих предприятиях химической промышленности.

Необходимо стремиться к тому, чтобы на всех освоенных промышленностью месторождениях горнохимического сырья проводилось глубокое и всестороннее изучение морфологических особенностей и строения тел полезного ископаемого, их связи с определенными структурными элементами, характера потерь и разубоживания при отработке месторождения, причин, влияющих на ход технологического процесса переработки сырья.

Сопоставление данных разведки и эксплуатации будет способствовать существенному улучшению методики разведки, подсчета запасов и геолого-экономической оценке новых месторождений горнохимического сырья. Кроме того, это позволит резко повысить качество и обоснованность кондиций, а также качество подготовки запасов для промышленного освоения.

Дальнейшее совершенствование геологоразведочных работ на горнохимическом сырье, использование имеющихся резервов — основные пути для успешного решения задач по развитию и укреплению минерально-сырьевой базы химической промышленности.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ
И ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Геологическое изучение земных недр производится с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Оно осуществляется последовательно, в соответствии с накопленными знаниями, геологическими особенностями, физико-географическими и экономическими условиями изучаемого объекта.

В настоящее время установлена следующая последовательность изучения земных недр: стадия I — региональные геологосъемочные и геофизические работы; стадия II — поиски месторождений полезных ископаемых; стадия III — предварительная разведка; стадия IV — детальная разведка (предпроектная); стадия V — разведка в пределах горного отвода (доразведка); стадия VI — эксплуатационная разведка.

Указанные стадии должны, как правило, проводиться в своей нормальной последовательности и выполняться или без перерыва или со значительным перерывом друг от друга. Без перерыва предварительная и детальная разведки могут проводиться на месторождениях, промышленная ценность которых не вызывает сомнения. Перерыв между отдельными стадиями изучения месторождения необходим в том случае, если промышленная ценность изучаемого объекта вызывает сомнение, а также при условии, когда параллельно с данным месторождением изучаются другие месторождения, которые могут конкурировать с ним.

Совмещение отдельных стадий геологического изучения для месторождений горнохимического сырья, как правило, нецелесообразно, так как это может привести к ошибкам в оценке промышленной ценности месторождения и бросовым затратам. Совмещение возможно в отдельных случаях при разведке небольших месторождений простого строения, затраты на изучение которых небольшие.

Региональные геологические и геофизические работы проводятся на больших площадях различными методами с целью составления новых или уточнения имеющихся геологических карт, освещающих перспективы поисков месторождений горнохимического сырья и позволяющих решать другие проблемы.

Региональные геологосъемочные и геофизические работы проводятся в соответствии со специальными инструкциями и методическими указаниями и вследствие этого методика их проведения в настоящей работе не рассматривается.

Поиски месторождений полезных ископаемых, как правило, имеют специализированный характер и направлены на обнаружение месторождений определенного полезного ископаемого.

В общем случае поисковые работы выполняются в три подстадии: общие поиски, детальные поиски и поисково-оценочные работы.

Общие поиски проводятся в пределах крупных геологических структур, перспективных в отношении горнохимического сырья. В их задачу входит

выявление проявлений интересующего сырья и установление границ их распространения.

В результате поисков должна быть дана оценка перспективности обследованной территории, подсчитаны прогнозные запасы и даны рекомендации по продолжению дальнейших работ с указанием очередности изучения выявленных объектов.

Детальные поиски, как правило, проводятся на тех площадях, где общие поиски не привели к обнаружению проявлений горнохимического сырья, но которые по геологической обстановке перспективны для их нахождения. Объектами детальных поисков обычно являются небольшие скопления полезных ископаемых, которые вследствие их малых размеров не обнаруживаются при общих поисках. Детальные поисковые работы ставятся также для выявления глубоко залегающих продуктивных зон, не вскрытых при общих поисках.

Поисково-оценочные работы осуществляются на участках концентрации проявлений горнохимического сырья, выявленных при общих или детальных поисках. Основная цель этих работ состоит в накоплении материалов, необходимых для выбора месторождений для предварительной разведки и отбраковки проявлений, не представляющих промышленного интереса.

По итогам поисково-оценочных работ должны быть составлены краткие технико-экономические соображения, обосновывающие экономическую целесообразность постановки на месторождении предварительной разведки.

Предварительная разведка. Основной задачей предварительной разведки является выяснение геологической структуры и масштабов месторождения, количества запасов и качества минерального сырья, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки и возможных масштабов добычи.

Кроме того, на стадии предварительной разведки должны быть выяснены основные факторы, определяющие методику детальных разведочных работ (тип и рациональное расположение разведочных выработок, расстояние между ними, глубина разведки), опробования, требуемые объемы технологических испытаний, возможные сроки промышленного освоения месторождения.

Проведение предварительной разведки преследует цель избежания бросовых затрат на разведку непромышленных месторождений и поэтому эффективность ее определяется объемом проведенных работ. В тех случаях, когда на стадии предварительной разведки пройдены основные объемы работ и затрачена большая часть средств, следует считать, что предварительная разведка своего назначения не выполнила. На стадии предварительной разведки должно затрачиваться не более 25—30% всех средств, отпускаемых на разведку.

Правильно проведенные на стадии предварительной разведки геолого-разведочные работы обеспечивают принципиальную оценку промышленного значения разведанного месторождения и эта оценка, как правило, должна подтвердиться детальной разведкой. Изменение оценки промышленного значения месторождения после окончания детальной разведки должно рассматриваться как чрезвычайное обстоятельство, приведшее к бросовым затратам по вине исполнителей. Это обстоятельство требует от геологов после завершения предварительной разведки всестороннего и тщательного анализа полученных данных и проведения на их основе квалифицированных технико-экономических расчетов, по которым устанавливаются временные кондиции.

Детальная разведка проводится для тех месторождений горнохимического сырья, которые по данным предварительной разведки и на основании технико-экономических расчетов признаны пригодными для промышлен-

ного освоения и вовлечение которых в эксплуатацию намечается в ближайшие 5—6 лет.

Основной задачей детальной разведки является подготовка месторождения для его промышленного освоения, что предопределяет необходимость изучения месторождения или участка первоочередного освоения в такой мере, которая позволяет составить технически правильный и экономически наиболее выгодный проект разработки его.

По результатам детальной разведки дается окончательная оценка промышленного значения разведанного месторождения и после утверждения запасов полезного ископаемого в ГКЗ СССР месторождение передается в эксплуатацию. Для решения вопроса о промышленном значении месторождения по материалам детальной разведки составляются технико-экономические доклады (ТЭД), на основе которых разрабатываются постоянные кондиции для подсчета запасов и ведения горно-эксплуатационных работ.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка) производится на месторождениях, переданных в промышленное освоение после завершения детальной разведки и утверждения запасов в ГКЗ СССР. Основной задачей разведки в пределах горного отвода является последовательное изучение слабо освещенных при детальной разведке частей месторождения (флангов, глубоких горизонтов, пространственно изолированных участков) в границах горного отвода.

Доразведка месторождения осуществляется обычно одновременно с его разработкой (первой очереди). Объемы и сроки проведения работ на этой стадии определяются необходимостью составления проектов отработки слабоизученных частей месторождения в соответствии с производственными планами горнодобывающих предприятий. Методика разведки месторождения устанавливается на основании опыта детальной разведки и эксплуатации на участке освоения первой очереди.

Эксплуатационная разведка проводится на месторождениях при подготовке их к эксплуатации и продолжается в течение всего времени разработки. Основной целью этой стадии разведочных работ является обеспечение нормального ведения горноподготовительных и очистных работ в соответствии с производственными планами горных предприятий. В задачи эксплуатационной разведки входит уточнение контуров залежей, качества полезного ископаемого и горнотехнических условий его отработки на небольшом участке месторождения: эксплуатационном блоке, горизонте, уступе карьера.

В результате эксплуатационной разведки систематически подсчитываются запасы полезного ископаемого, готовые к выемке, которые являются основой для составления годовых, квартальных и месячных планов добычи полезного ископаемого требуемого качества.

Кроме того, данные эксплуатационной разведки должны использоваться для контроля полноты отработки месторождения, определения потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче, полноты извлечения из руд ценных компонентов при обогащении и качества получаемых концентратов.

Как уже отмечалось, основной целью расчленения единого геологоразведочного процесса на стадии является повышение эффективности и качества работ. Однако формальное соблюдение установленной последовательности их проведения еще не гарантирует экономии средств и не исключает возможности бросовых затрат. Не меньшее значение имеет методически правильное и экономное ведение работ на каждой стадии.

МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ГОРНОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

ФОСФАТНОЕ СЫРЬЕ

В природе фосфор в свободном состоянии не встречается. Он легко соединяется с кислородом, серой, галогенами и многими металлами. Практический интерес представляют соли ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) или фосфаты. Известно более 150 минералов этого класса, но источником получения фосфора в промышленности служат лишь апатиты и их экзогенные образования — фосфориты.

подавляющее большинство фосфорсодержащих минералов применяют или непосредственно в качестве фосфорных удобрений, или в качестве сырья для производства фосфорных и сложных удобрений.

Для фосфоритов применяемым в производстве фосфоритной муки показателем, характеризующим их качество, является содержание P_2O_5 , и в том числе содержание P_2O_5 , находящегося в лимонно-растворимой форме.

Согласно ГОСТ 5716—74, содержание P_2O_5 в муке I сорта должно быть не менее 29%, II сорта — не менее 23% и III сорта — не менее 20%.

Самым распространенным фосфатным удобрением в настоящее время является суперфосфат, который применяется под все сельскохозяйственные культуры. Промышленностью выпускается простой суперфосфат с содержанием усвояемого P_2O_5 не менее 14—15%. Для производства суперфосфата требуется фосфатное сырье или получаемые из него обогащенные концентраты, содержащие не менее 28,2% P_2O_5 . При оценке пригодности апатитовых и фосфоритовых руд для производства суперфосфата необходимо учитывать наличие в них вредных примесей, к числу которых относятся окислы железа, глинозем, карбонаты кальция и магния. Присутствие указанных вредных примесей увеличивает расход серной кислоты, осложняет технологию переработки и приводит к потерям P_2O_5 и, следовательно, удорожает продукцию.

Допустимое их содержание зависит от состава руд и способа переработки. В фосфоритах месторождений Каратау, например, содержание $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не должно превышать 2,9%, CO_2 — 5,2%, MgO — 2,4%, а в ракушечниковых фосфоритах Кингисеппского месторождения — MgO не более 1,3%, с соотношением MgO и P_2O_5 не более 0,15. Допустимое содержание вредных примесей для каждого месторождения устанавливается технологическими испытаниями.

Наиболее эффективными в сельскохозяйственном производстве являются концентрированные и сложные удобрения: двойной суперфосфат, преципитат, аммофос, нитрофос, нитрофоска и др.

Двойной суперфосфат получают путем разложения природных фосфатов фосфорной кислотой. В двойном суперфосфате P_2O_5 находится в основном в виде монокальцийфосфата и частично в виде свободной фосфатной кислоты, фосфатов полуторных окислов и нерастворимых в воде фосфатов. В отличие от простого суперфосфата двойной суперфосфат не содержит примесей в виде сульфата кальция и является концентрированным удобрением.

В зависимости от содержания P_2O_5 и других физико-механических показателей промышленностью выпускается двойной суперфосфат двух марок: А и Б. Согласно ГОСТ 16306—70, гранулированный двойной суперфосфат должен соответствовать нормам, указанным в табл. 2.

Для получения двойного суперфосфата, так же как и простого суперфосфата, содержание P_2O_5 в рудах должно быть около 28%, а перечисленные выше примеси являются вредными. Допустимое их содержание зависит от способа переработки и определяется технологическими исследованиями.

В фосфоритах месторождения Кок-Джон, например, для получения двойного суперфосфата требуются руды, в которых отношение $MgO : P_2O_5$ не должно

Таблица 2

Требования к качеству гранулированного двойного суперфосфата (по ГОСТ 16306—70)

Показатели	Нормы для марок и сортов				Показатели	Нормы для марок и сортов			
	А		Б			А		Б	
	I	II	I	II		I	II	I	II
Содержание усвояемой P_2O_5 в %, не менее	49	47	44	42	Содержание свободной кислоты в пересчете на P_2O_5 в %, не более	2,5	2,5	5,0	5,0
Содержание водорастворимой P_2O_5 в %, не менее	42	40	37	36	Содержание влаги в %, не более	4	4	5	5

превышать 6, $R_2O_3 : P_2O_5$ — 12, в том числе $Fe_2O_3 : P_2O_5$ — 9; в ракушечниковых фосфоритах месторождения Тоолсе для производства двойного суперфосфата отношение $Fe_2O_3 : P_2O_5$ не должно превышать 0,08—0,09, $R_2O_3 : P_2O_5$ — 0,12.

Концентрированное фосфорное удобрение, содержащее в основном соли фосфорной кислоты в цитратно-растворимой форме, называется преципитатом.

Преципитат представляет собой главным образом двухалциевую двуводную соль фосфорной кислоты. Получают его путем взаимодействия фосфорной кислоты с молотым известняком и известковым молоком.

В зависимости от содержания цитратно-растворимой (усвояемой) фосфорной кислоты преципитат вырабатывается двух сортов.

Согласно ГОСТ 1175—41, в I сорте содержание цитратно-растворимой фосфорной кислоты в пересчете на P_2O_5 должно быть не менее 31%, во II — 27%.

Высококонцентрированным сложным удобрением является аммофос. Это — сокращенное название удобрения, состоящего в основном из моноаммонийфосфата и диаммонийфосфата. Его получают путем нейтрализации фосфорной кислоты, содержащей 33—40% P_2O_5 , аммиаком. Аммофос содержит 47—58% усвояемой P_2O_5 и около 11% азота.

К сложным азотно-фосфорным удобрениям относится нитрофос, а к азотно-фосфорно-калийным — нитрофоска. Получают их на основе экстракции фосфорной кислоты из природных фосфатов азотной кислотой.

Для производства сложных удобрений используется фосфатное сырье с содержанием P_2O_5 около 28% и с ограниченным содержанием вредных примесей. Так, например, для производства аммофоса пригодны фосфоритовые

руды месторождения Кок-Джон, содержание MgO в которых не превышает 2,5%, CO_2 — 6%. Для ракушечниковых фосфатов месторождения Тоолсе содержание MgO не должно быть более 0,6%, а отношение $Fe_2O_3 : P_2O_5$ должно быть не более 0,19.

В последнее время разработана технология получения аммофоса из флотоконцентрата желваковых фосфоритов Чилисайского месторождения и бедных руд месторождений Каратауского бассейна с содержанием P_2O_5 23—24%.

Получение пригодного для производства флотоконцентрата возможно из руд, содержащих не менее 7,5% P_2O_5 при максимальном содержании вредных примесей не более: Fe_2O_3 — 4%, CO_2 — 4,3%, Al_2O_3 (кислоторастворимого) — 3,7%.

К сложным удобрениям может быть отнесен и аммонизированный суперфосфат, получаемый аммонизацией простого суперфосфата из фосфатного сырья месторождений Каратау. Согласно ГОСТ 17790—72, содержание усвояемой P_2O_5 в нем должно быть не менее $15 \pm 1\%$, азота — 1,5—2,0%.

Производство указанных выше фосфорных удобрений основано на экстракции фосфорной кислоты другими кислотами. Однако существует принципиально отличная технология получения фосфорных удобрений путем спекания фосфорных руд или их концентратов при высокой температуре с различными добавками к сырью. Получаемые таким образом продукты носят название термических фосфатов.

Различают три вида термических фосфатов: 1) термофосфаты — продукты спекания природных фосфатов со щелочными соединениями; 2) кальциево-магниево-плавленые фосфаты, получаемые путем сплавления природных фосфатов с силикатами магнезии и 3) обесфторенные фосфаты, получаемые спеканием или сплавлением природных фосфатов при высокой температуре в присутствии паров воды и небольшого количества двуокси кремния.

Термические фосфаты содержат от 20 до 34% усвояемой растениями P_2O_5 .

Для производства термофосфатов могут быть использованы руды или их концентраты с содержанием P_2O_5 24—27%, кальциево-магниево-плавленых фосфатов — 27—28%, обесфторенных фосфатов — 23—26%.

Содержание полуторных окислов и карбонатов в исходном сырье, используемом для производства термических фосфатов, не имеет существенного значения, а примесь магнезии даже полезна, особенно при получении кальциево-магниево-плавленых фосфатов. Вредной примесью является кремнезем, отношение которого к P_2O_5 не должно превышать 0,8—0,9.

В отличие от фосфатов, используемых в качестве или для производства удобрений, применяемые в других отраслях химической промышленности фосфаты получили название технических. Среди них наибольшее распространение получили различные фосфаты натрия: ортофосфаты и дегидратизованные соли. Большую часть фосфатов натрия используют для смягчения воды и в качестве моющих средств. Фосфаты марганца, получаемые из фосфорной кислоты и восстановленного пиролюзита, применяют для фосфатизирования стальных изделий. Для пропитки деревянных изделий с целью придания им огнестойкости применяют диаммонийфосфат, получаемый нейтрализацией фосфорной кислоты аммиаком. В качестве минеральной подкормки для скота и птицы используют трикальцийфосфат, получаемый путем термической обработки суперфосфата.

Исходным продуктом для получения многих видов химической продукции является желтый фосфор. Получают его из природных фосфатов (апатитов

или фосфоритов) путем возгонки в электропечах при температуре 1400—1600°. Готовый продукт должен содержать не менее 99,5% желтого фосфора и не более 0,5% нерастворимого в сероуглероде остатка.

Для производства желтого фосфора могут использоваться фосфориты различных месторождений. Для его получения важное значение имеет постоянство состава загружаемой в печи шихты по содержанию различных компонентов и их соотношению. Одним из важнейших показателей является кислотный модуль (M_k) = $\frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}$, значение которого должно быть близким к 0,8. Это соотношение может быть достигнуто искусственно, путем добавки в шихту кремнистого сырья или смешением руд с разным содержанием кремния.

Для производства желтого фосфора используется руда крупностью более 10 мм, но при изучении месторождений следует учитывать возможность использования мелочи (класс —10 мм) в виде агломерата, гранул и окатышей. Желтый фосфор применяется для получения красного фосфора, фосфорной кислоты, фосфорного ангидрида, хлористых, сернистых и других соединений фосфора, а также ряда органических соединений фосфора (эфир и др.). Красный фосфор используется в спичечной промышленности, в пиротехнике и в металлургии. Требования к качеству красного фосфора регламентируются ГОСТ 5.1355—72, согласно которому в товарном продукте содержание красного фосфора должно быть не менее 99,2%, желтого фосфора — не более 0,005%, кислотность в пересчете на H_3PO_4 — не должна превышать 0,5, содержание нерастворимого в азотной кислоте остатка — не более 0,2%. Термическая фосфорная кислота получается путем окисления желтого фосфора. Применяется она для производства различных фосфатов, органических синтезов, в производстве активированного угля и пр.

Из сернистых и хлористых соединений фосфора наибольшее применение имеет пятисернистый фосфор, используемый в производстве флотореагентов, треххлористый фосфор и пятихлористый фосфор, используемые для получения хлорпроизводных углеводородов.

Эфиры фосфорной кислоты применяют в качестве пластификаторов, инсектицидов, некоторых эфиров, в качестве лечебных средств.

Приведенные сведения не исчерпывают всех возможных областей использования фосфора и его соединений химической промышленностью. Исходным сырьем для их производства служат апатиты и фосфориты.

АПАТИТ

Общие сведения об апатите. Апатит — минерал переменного состава, который в общем виде выражается формулой $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$. В зависимости от содержания F, Cl и OH выделяются фтор-, хлор- и гидроксилапатиты, из которых наиболее распространенным является фторапатит.

В экзогенных образованиях (фосфоритах) в апатите обычно содержится переменное количество CO_2 . Крайним членом этого изоморфного ряда является карбонатапатит или подолит $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)$. Наибольшим распространением в фосфоритах пользуются переходные разности, объединяемые под названием фторкарбонатапатитов; в числе последних выделяется франколит и курскиит. Химический состав отдельных разновидностей апатита характеризуется следующими данными (табл. 3).

При вхождении в решетку иных элементов (SrO, BaO, MgO, MnO, Na_2O , TR_2O_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) выделяются и другие разновидности.

Апатит обладает различной окраской, чаще всего зеленоватой. Объемная масса его находится в пределах 3,18—3,41. Твердость по шкале Мооса равна 5. Апатит кристаллизуется в гексагональной сингонии. Лучепреломление у апатита высокое, в среднем 1,640, двойное лучепреломление низкое (0,04—0,003). Температура плавления для отдельных разновидностей колеблется от 1530 до 1660°.

Апатит широко распространен в земной коре. Как аксессуарный минерал он встречается во всех интрузивных, во многих метаморфических, осадочных и реже эффузивных породах. Промышленные скопления апатита встречаются редко.

Т а б л и ц а 3

Химический состав разновидностей апатита, % (по Г. И. Бушинскому)

Разновидности	CaO	P ₂ O ₅	CO ₂	CaF ₂	Ca(OH) ₂	$\frac{F}{P_2O_5}$	$\frac{CO_2}{P_2O_5}$
Фторапатит	50,03	42,29	—	7,74	—	0,09	—
Карбонатапатит	48,31	35,97	7,46	—	11,26	—	0,12
Гидроксилатапатит	50,23	42,40	—	—	7,37	—	—
Франкодит	48,52	37,14	3,54	7,07	3,73	0,09	0,09
Курскит	47,72	34,52	5,35	7,91	4,50	0,11	0,16

Генетические и промышленные типы месторождений апатита. Среди месторождений апатита по условиям их образования выделяется восемь генетических типов: магматические, карбонатитовые, пегматитовые, контактово-метасоматические, гидротермальные, вулканогенно-осадочные, выветривания и метаморфогенные.

Магматические месторождения по связи с различными формациями магматических горных пород разделяются на несколько подтипов: центральных интрузий агаитовых нефелиновых сиенитов, центральных интрузий миаскитовых нефелиновых и лейцитовых сиенитов, габбро-сиенитов, габбро-пироксенит-дунитов, анартозитов и рапакиви.

По минеральному составу все магматические месторождения подразделяются на апатитовые, апатит-нефелиновые и комплексные.

Апатитовые месторождения относятся к габбро-сиенитовой формации и формации центральных интрузий миаскитовых нефелиновых и лейцитовых сиенитов. Примером апатитовых месторождений первой формации является Ошурковское месторождение в Бурятской АССР.

Ошурковский сиенит-диоритовый массив имеет площадь около 12 км² и форму, близкую к изометричной. Диориты залегают среди гнейсированных биотитовых гранитов и относятся к икатскому интрузивному комплексу верхнего протерозоя (рис. 1). По контакту диоритов и гранитов проходит зона измененных гибридных пород (гранодиоритов, кварцевых диоритов) мощностью от 50 до 100 м. Среди диоритов, слагающих массив, выделяются биотит-роговообманковые, пироксен-биотит-роговообманковые, роговообманково-биотитовые и пироксен-биотитовые разновидности. Среди диоритов встречаются дайкообразные или неправильной формы тела сиенитов и сиенито-диоритов мощностью от 5 до 30—40 м.

В пределах массива широко развиты дайки микродиоритов, лампрофиров, гранитов и пегматитов. На месторождении широкое развитие получили и постмагматические пневматолито-гидротермальные процессы, сопровождающиеся биотитизацией с образованием зон существенно биотитовых пород, апатитизацией, амфиболизацией, окварцеванием и цеолитизацией диоритов.

Для массива характерна частая смена пород различного петрографического состава и различной степени зернистости. Обычно диориты имеют меланократовый

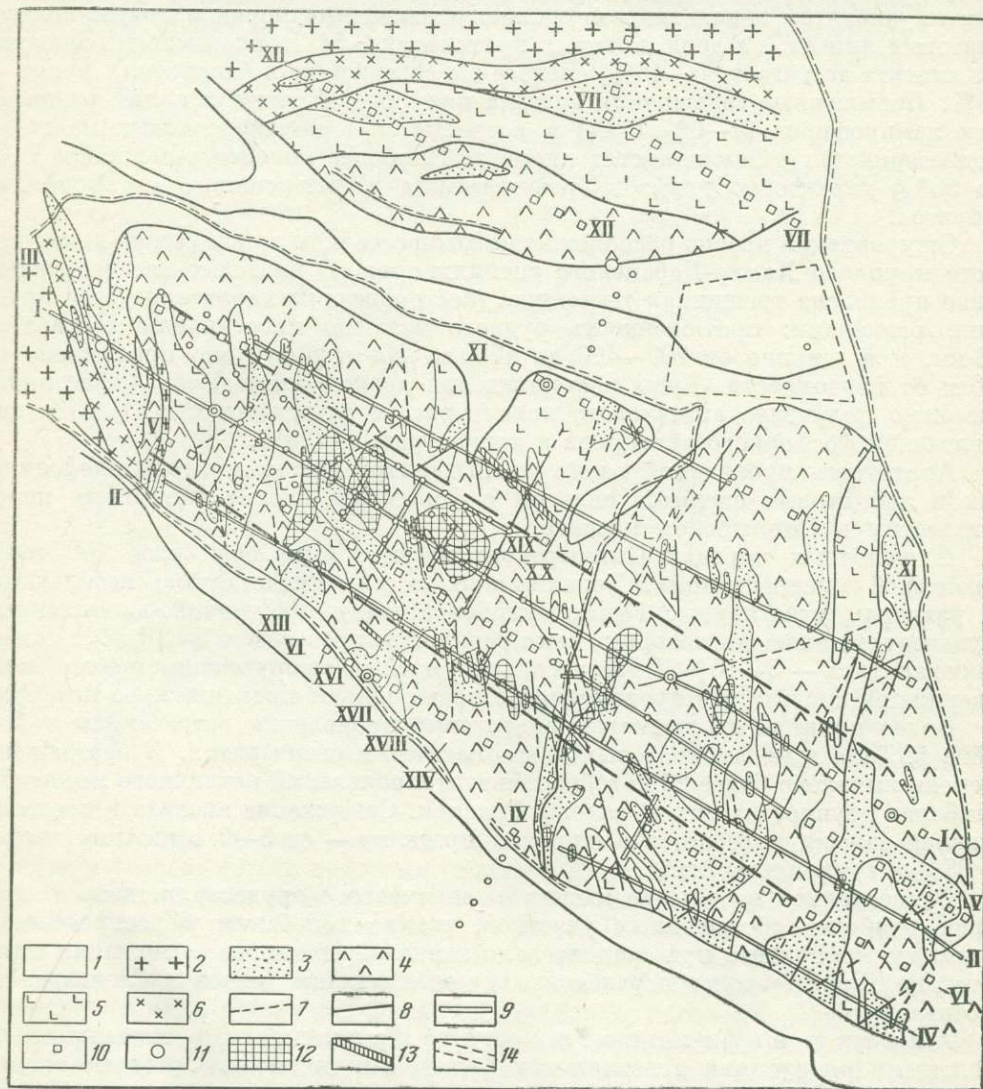


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ошурковского месторождения (по С. В. Костромину с дополнениями Ф. Л. Смирнова):

1 — четвертичные отложения; 2 — граниты мелко- и среднезернистые, гнейсированные; 3 — мелкозернистые диориты; 4 — среднезернистые диориты; 5 — крупнозернистые диориты; 6 — гибридные породы; 7 — линии тектонических нарушений; 8 — границы перехода и контактов пород; 9 — каналы; 10 — шурфы; 11 — скважины; 12 — участки диоритов с содержанием P_2O_5 более 5%; 13 — зоны, обогащенные апатитом; 14 — границы наиболее высокоапатитовой части месторождения

облик, обусловленный высоким содержанием (до 40—50%) биотита и роговой обманки, но встречается также мезо- и лейкократовые разновидности, содержащие до 70% плагиоклаза. Диоритовые породы, слагающие массив, по химическому составу близки к щелочным габброидным породам (эссекситу и габбро). Апатит на месторождении служит одним из породообразующих минералов диоритовых пород массива. Практически весь диоритовый массив является апатитоносным. Содержание P_2O_5 в породах от 3—4 до 15—20%. В отдельных богатых апатитом зонах гидротермального изменения пород и апатит-полевошпатовых линзах, на долю которых приходится 3,5% горной массы, содержание апатита достигает 40—45%, среднее же содержание в балансовых рудах — 3,9%. Повышенные содержания апатита приурочены также к полям развития даек лампрофиров (5—6% P_2O_5) и встречаются в меланократовых мелко- и среднезернистых разновидностях диорита. Наиболее высокое содержание P_2O_5 (до 50%) характерно для зон брекчирования и интенсивного метаморфизма диоритов.

Ошурковский массив расположен на юго-восточном крыле северо-восточной части крупного Хамар-Дабанского антиклинория. В пределах массива интенсивно проявлена трещинная тектоника. Месторождение характеризуется крупными размерами: протяженность рудного тела по простиранию составляет 3,6 км, при ширине от 200—400 до 1700 м. На глубину оно прослежено на 640 м от поверхности. Руды месторождения легко обогащаются — флотацией возможно получение апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 35% при извлечении фосфорного ангидрида в концентрат 80—94%.

Апатитовые проявления в центральных интрузиях миаскитовых нефелиновых и лейцитовых сиенитов связаны с формацией биотит-apatитовых пород и известны в Сынырском массиве.

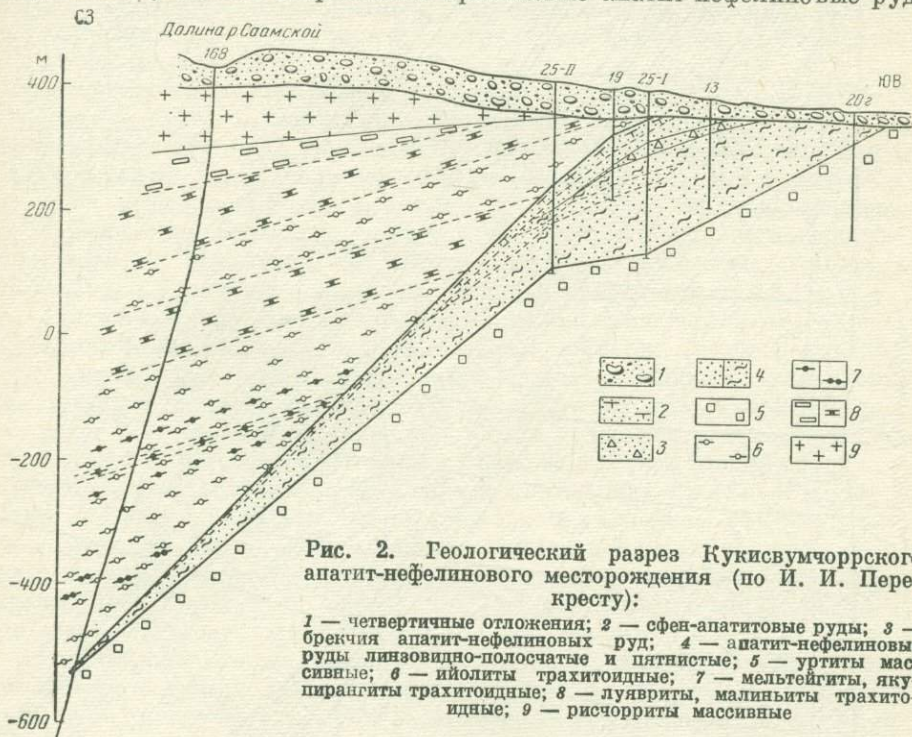
В щелочных породах Сынырского массива выявлено более 100 точек апатитовой минерализации. Большинство из них представлено небольшими по размерам участками с бедным вкрапленным и прожилково-вкрапленным оруденением, площади которых, как правило, не превышают 5—10 м², а содержание апатита — 5—10%. Из-за небольших масштабов оруденения и невысокого содержания апатита эти проявления не представляют практического интереса.

Более крупные по размерам апатитовые проявления встречаются в бассейне р. Тала в меланократовых метасоматитах и сыныритах. К настоящему времени выявлено более 20 подобных апатитопроявлений различного масштаба. Наиболее крупное из них — залежь Главная. Содержание апатита в пределах Главной залежи колеблется в широких пределах — от 5—7 в нижних частях до 98% в верхних частях.

Относительно небольшие масштабы апатитового оруденения, даже в пределах наиболее обогащенных участков, резкие колебания в распределении полезного компонента при сравнительно низком среднем его содержании отрицательно характеризуют перспективы промышленного значения Сынырского массива.

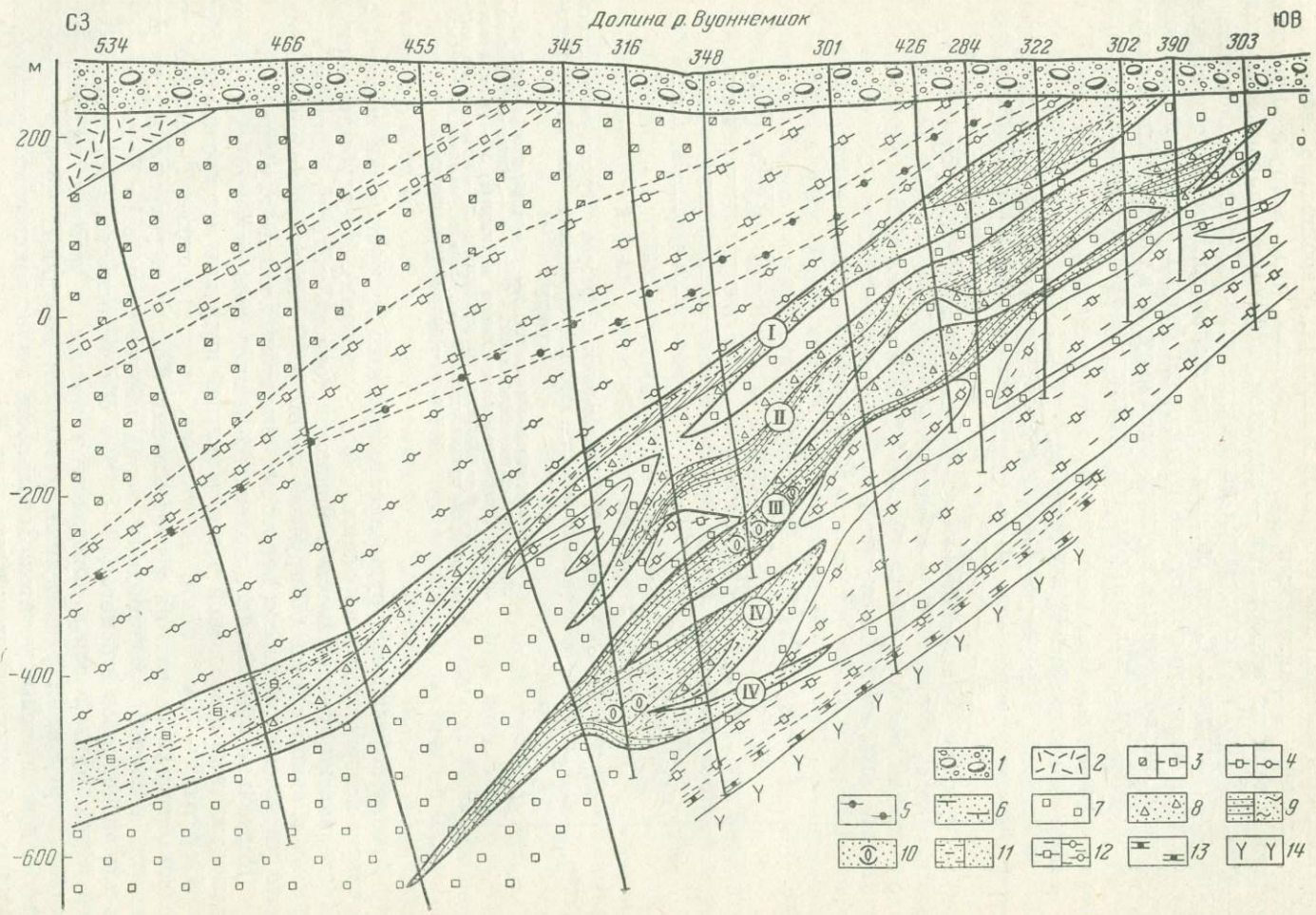
Апатит-нефелиновые месторождения связаны с центральными интрузиями агпаитовых нефелиновых сиенитов. Основные запасы апатита в СССР сосредоточены на апатит-нефелиновых месторождениях Хибинских тундр, для основной группы которых (Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый Цирк, плато Расвумчорр) характерны значительная протяженность рудных зон по простиранию (2—4 км) и падению (1—2 км), большая и относительно выдержанная мощность (100—200 м) рудных тел и зональное их строение (рис. 2).

На всех указанных месторождениях в разрезе рудных тел выделяется верхняя, обогащенная апатитом зона и нижняя, относительно бедная. Каждая зона сложена характерными разновидностями руд, которые представлены одними и теми же минералами — апатитом, нефелином, пироксеном, полевым шпатом, сфеном, но различаются количественным их соотношением и текстурными особенностями. Среди богатых, существенно апатитовых руд выделяются пятнистые и пятнисто-полосчатые руды, среди бедных — сетчатые, линзовидно-полосчатые, мелкоблоковые, крупноблоковые руды, а также ийолиты с апатитом. На отдельных участках встречаются брекчиевые апатит-нефелиновые руды.



Апатит-нефелиновые руды пространственно и генетически связаны с щелочными изверженными породами (ийолит-уртитам). На глубоких горизонтах многие залежи уменьшаются в мощности, однако полного выклинивания их еще ни в одном случае обнаружено не было. В последнее время установлено даже увеличение мощности некоторых апатитовых тел на глубине.

Несколько обособленное положение и иное геологическое строение имеют расположенные в восточной части кольцевой интрузии месторождения Коашва и Ньюркапх — Суолуайви. В отличие от месторождений западной части массива рудная залежь на месторождении Коашва перекрывается не рисчорритами, а серией трахитоидных пород ийолит-уртитового ряда, выходящих из-под рисчорритов и полого ($10-20^\circ$), в общем согласно, с ними залегающих. Структура рудной зоны определяется наличием четырех пологопадающих рудных горизонтов, разделенных прослоями массивных неравномернозернистых полевошпатовых уртитов. Зональность в пространственном распределении богатых и бедных руд отсутствует (рис. 3).



Руды месторождений Хибинского массива сложены в основном апатитом (30—70%), нефелином (30—50%), пироксеном (6—10%), сфеном (1—2%), титаномагнетитом, калиевым полевым шпатом. Содержание P_2O_5 в рудах изменяется от 4 до 34% и в среднем составляет около 18%. Руды хорошо обогащаются и дают высококачественный апатитовый концентрат с содержанием P_2O_5 39,4% при извлечении 92—94%. Кроме апатита в рудах промышленное значение имеет нефелин. Присутствующие в рудах сфен, эгирин, редкие земли также могут представлять практический интерес.

Комплексные магматические месторождения апатита приурочены к различным геологическим формациям; центральных интрузий агпаитовых нефелиновых сиенитов, габбро-сиенитов, габбро-пироксенит-дунитов и анортозитов и габбро-анортозитов.

Месторождения, связанные с центральными интрузиями агпаитовых нефелиновых сиенитов, представлены апатит-нефелин-редкометалльными рудами. Известны они в пределах Ловозерского массива на Кольском полуострове.

Ловозерский массив сложен главным образом нефелиновыми сиенитами. Апатитовое оруденение в его пределах встречается в нижнем, дифференцированном комплексе луявритов — фойяитов и приурочено к некоторым горизонтам уртитов, а также в верхнем комплексе эвдиалитовых луявритов, где его проявления связаны с породами амфибол-сфен-apatитового состава. Кроме того, апатитовое оруденение встречается в зонах брекчированных пород, секущих эвдиалитовых луявритов, и в контактовой зоне Ловозерского плутона.

Апатитовые проявления в верхнем и нижнем комплексах характеризуются значительными размерами. Наиболее крупный из них прослежен на 40 км и содержит 5—8% P_2O_5 . Скопления богатых руд в контактовой зоне Ловозерского плутона имеют незначительную протяженность и мощность.

Месторождения в габбро-сиенитовых комплексах пространственно и генетически связаны с породами сиенитовой магмы. Сложены они апатит-магнетитовыми рудами. В Советском Союзе месторождений этого типа неизвестно. Типичным представителем месторождений указанного типа является месторождение Кирунаваара в Северной Швеции. Месторождение представлено массивными магнетитовыми рудами, приуроченными к контакту пластообразных интрузий сиенитовых порфиров и кварцевых порфиров. Рудное тело имеет дайкообразную форму довольно крутого падения (50—60°). По простиранию рудное тело прослежено на 4400 м. Мощность его колеблется от 34 до 152 м и в среднем составляет 90 м. На глубину рудное тело прослежено буровыми скважинами на 1 км, а согласно данным геофизики оно прослеживается до глубины более 2 км от поверхности.

Промышленные руды месторождения содержат 58—70% железа и 0,01—3,59% фосфора.

Месторождения в габбро-пироксенит-дунитах представлены апатит-титаномагнетитовыми рудами. Типичным представителем их является Волковское месторождение на Среднем Урале.

Рис. 3. Геологический разрез месторождения Коашва (по Е. А. Каменеву):

1 — четвертичные отложения; 2 — лавочорриты массивные; 3 — ювиты массивные, уртиты «сливные»; 4 — уртиты, ийолиты трахитоидные; 5 — мельтейгиты трахитоидные; 6 — сфен-apatитовые руды; 7 — уртиты массивные; 8 — брекчия апатит-нефелиновых руд; 9 — апатит-нефелиновые руды линзовидно-полосчатые и полосчатые; 10 — апатит-нефелиновые руды блоковые; 11 — апатит-нефелиновые руды пятнисто-полосчатые и пятнистые; 12 — уртиты, ийолиты трахитоидные; 13 — мельтейгиты трахитоидные; 14 — хибиниты массивные; римские цифры — номера рудных горизонтов

Месторождение располагается в восточной части Волковского массива ультраосновных пород, сложенного пироксенитами, габбро и диоритами. Апатитовое оруденение, как и титаномагнетитовое и медносulfидное, концентрируется в определенных участках габбро, образуя рудные зоны (рис. 4).

Оруденение проявляется в виде вкрапленности. Вкрапленные руды содержат медь, железо, титан, ванадий и фосфор. Апатит распределен крайне неравномерно. Местами его содержание достигает 14%. Среднее содержание P_2O_5 в балансовых рудах — 3,9%. Технологические исследования показали, что после извлечения сульфидов меди и титаномагнетита из хвостов может рентабельно извлекаться апатит с получением флотацией концентрата, содержащего 33,4% P_2O_5 при извлечении 63%. При переработке апатитового концентрата может быть получен простой суперфосфат.

Большой объем добычи руды позволяет экономически выгодно попутно извлекать из нее апатит.

Месторождения в анортозитах и габбро-анортозитах представлены апатит-гематит-ильменитовыми рудами. Типичными представителями месторождений этого типа являются Стремигородское в Житомирской области и Кручининское в Восточном Забайкалье.

Стремигородское месторождение представлено шширообразным телом оливинного габбро, залегающего среди габбро-анортозитов и лабрадоритов. Прослежено оно на 2—3 км. Основным полезным ископаемым является ильменит, попутным — апатит, который находится в тесном сростании с ильменитом. Среднее содержание апатита колеблется от 20,9 до 68,3 кг/м³. При обогащении из хвостов магнитной сепарации путем флотации был получен апатитовый концентрат с содержанием P_2O_5 — 34—41%, при извлечении 60—66,5%.

На Кручининском месторождении апатит содержится преимущественно в оруденелых породах пироксенового состава, слагающих основное рудное поле. Апатит распределяется в рудах довольно равномерно, образуя вкрапленность в пироксене, оливине, магнетите и других рудных минералах. Содержание P_2O_5 в пироксенитовых рудах достигает 6—8%. Из руд возможно получение апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 39%, при извлечении его 73—77%.

Карбонатитовые месторождения генетически связаны с формацией центральных интрузий ультраосновных щелочных пород. Представлены они апатит-флогопитовыми, апатит-магнетитовыми и апатит-редкометалльными рудами.

Месторождения апатит-флогопитовых руд известны в Маймеч-Котуйской провинции на северо-западе Сибирской платформы. Массивы ультраосновных и щелочных пород в этой провинции приурочены к местам пересечения глубинных дизъюнктивных зон. Всего здесь выявлено более двух десятков таких интрузий: от крупного Гулинского плутона (2000 км²) до мелких интрузивных тел площадью 1—2 км².

В их строении принимают участие оливиниты и перидотиты, турьиты, якупирангиты, мельтейгиты, оливиновые меланефелиниты, ийолиты, нефелиновые и щелочные сиениты, карбонатиты и существенно апатитовые породы. Апатит в тех или иных количествах установлен практически во всех интрузивных породах провинции. Повышенные его концентрации наблюдаются в некоторых метасоматитах: апомелилитовых породах, продуктах экзоконтактового преобразования кварцитов — твейтозитах; перспективны концентрации апатита, связанные с карбонатитами.

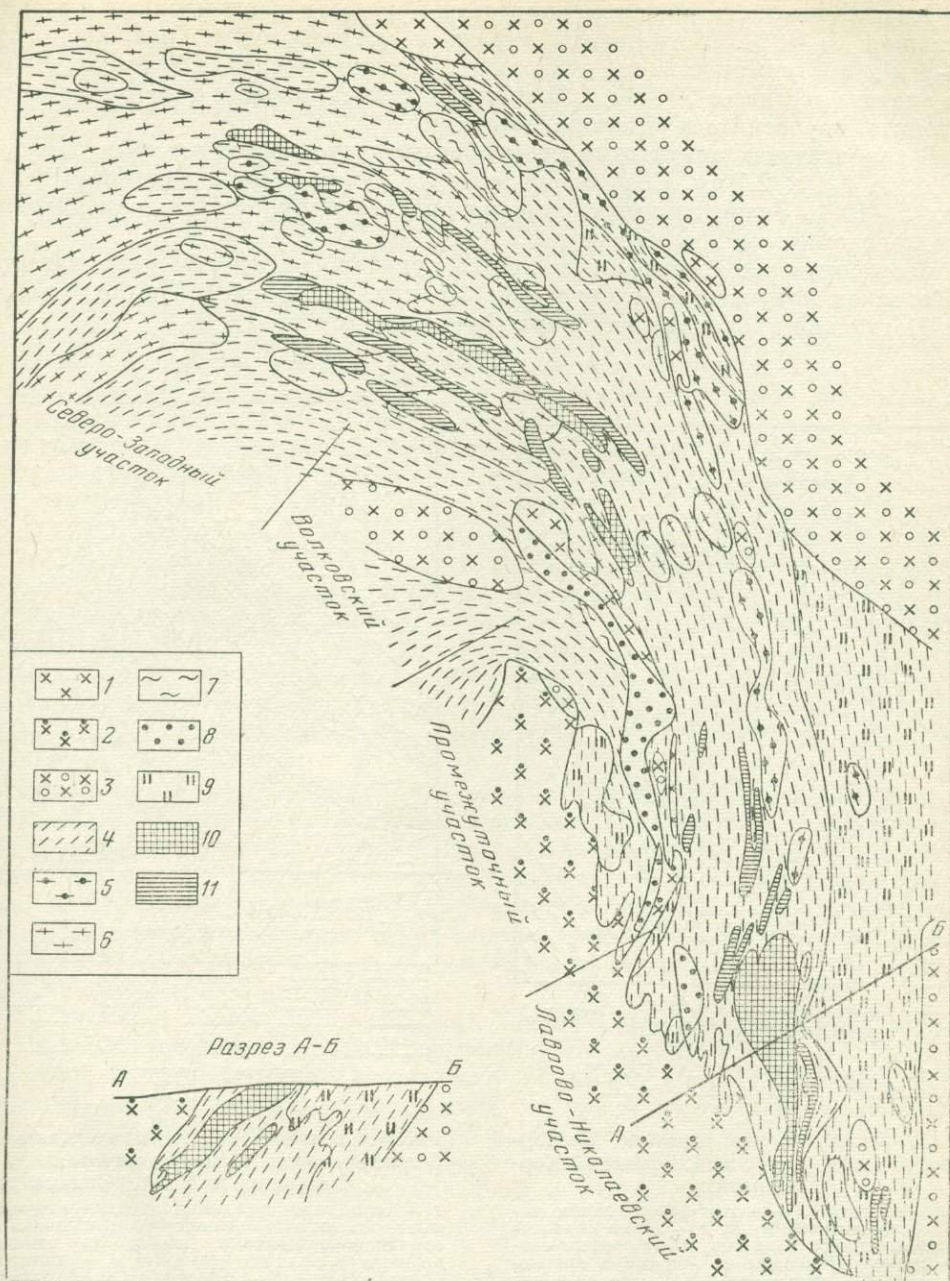


Рис. 4. Геологическая схема Волковского месторождения (по К. Д. Тимохову и М. В. Киселеву):

1 — диориты пироксеновые и роговообманковые; 2 — диориты кварцсодержащие; 3 — габбро-диориты; 4 — габбро пироксеновые (нормальные); 5 — габбро биотитсодержащие; 6 — габбро оливиновые и оливинсодержащие; 7 — габбро гиперстенсодержащие; 8 — комплекс мелкозернистых пород (ороговикованные габбро и диориты); 9 — породы с офитовой структурой; 10 — медно-железо-ванадиевые руды; 11 — железо-ванадиевые руды

Содержание апатита в апомелилитовых породах неравномерное и в среднем составляет 5—10%. Встречаются гнезда и жилкообразные тела мощностью 0,2—1 м и протяженностью до нескольких десятков метров, в которых количество апатита достигает 50—60%. В апомелилитовых породах содержатся гнезда флогопита, перовскита и титаномагнетита.

В карбонатах апатитовые руды образуют штокообразные тела размером до 1 × 3; 1,8 × 2,7 км. Содержание апатита в них обычно находится в пределах 5—10%. Значительные скопления апатита приурочены к кальцитовым, реже к доломитовым, карбонатам.

Месторождения апатит-магнетитовых руд карбонатного типа известны на Кольском полуострове, в Северной Карелии, на Алданском щите и в Маймеч-Котуйской провинции на севере Красноярского края.

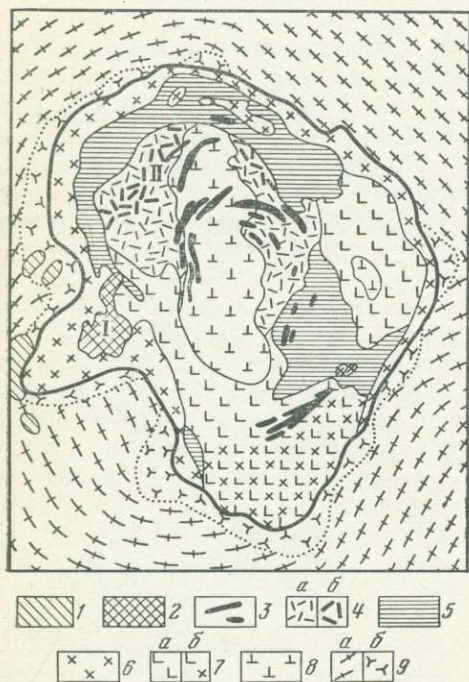


Рис. 5. Геологическое строение Ковдорского массива (по О. М. Римской-Корсаковой):

1 — карбонаты; 2 — апатит-форстеритовые породы и магнетитовые руды; 3 — дайки ийолитов и полевошпатовых ийолитов; 4 — флогопит-диопсид-оливиновые породы (а — средние и крупнозернистые, б — пегматоидные); 5 — меллилитовые и монтичеллитовые породы; 6 — ийолиты и мельтейгиты; 7 — пироксениты (а) и щелочные пироксениты (б); 8 — оливиниты; 9 — вмещающие породы (а — гранито-гнейсы, б — фениты). Римские цифры на схеме: I — апатит-магнетитовое месторождение; II — северо-западный участок флогопитового месторождения.

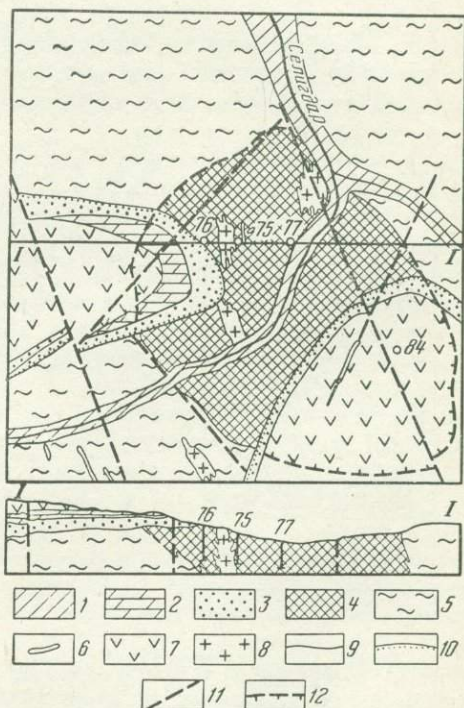


Рис. 6. Схематическая геологическая карта Селигдарского месторождения (по Ф. Л. Смирнову и В. А. Биланенко):

1 — пески, галечники, валунники; 2 — битуминозные доломиты с прослоями оолитовых доломитов и кремнисто-карбонатных пород; 3 — песчаники нижнего (базального) горизонта; 4 — апатит-карбонатные руды; 5 — двупироксеновые, гиперстенбиотитовые, биотитовые, амфиболовые кристаллические сланцы и гнейсы; 6 — дайки роговообманковых, авгит-роговообманковых сиенит-порфиров; 7 — пластовые интрузии: роговообманковые, авгит-роговообманковые сиенит-порфиры; 8 — граниты; 9 — стратиграфические контакты согласные; 10 — стратиграфические контакты со структурным несогласием; 11 — тектонические нарушения; 12 — предполагаемые границы рудного тела.

Типичным представителем месторождений этого типа является Ено-Ковдорское на Кольском полуострове. Оно расположено в юго-западной части Ковдорского щелочного массива (рис. 5) и приурочено к приконтактовой полосе пород между ийолитами и пироксенитами. Контролируется оно мощной зоной разлома.

Развитые на месторождении магнетитовые руды неоднородны по составу и сложению. Они представляют собой апатит-форстеритовые породы, пронизанные многочисленными магнетитовыми жилами и прожилками. На месторождении распространены также существенно апатитовые породы — магнетит-apatитовые, кальцит-apatитовые и др.

Содержание P_2O_5 колеблется в широких пределах (от 2—3 до 11—13%) и в среднем по месторождению составляет 7,3%. Руды с содержанием железа более 20% используются для получения металлического железа и попутно апатита. Бедные по содержанию железа руды рассматриваются как сырье для получения апатитового концентрата и попутно железа. Руды трудно обогатимы, однако технология обогащения их разработана. Из руд месторождения флотацией возможно получение апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 32—35% при извлечении 93—66%.

В 1972 г. на Адданском щите было выявлено Селигдарское месторождение апатит-магнетитовых руд. В геологическом строении месторождения принимают участие архейские метаморфические и магматические образования, нижнекембрийские песчаники и доломиты юдомской свиты, мезозойские щелочные сиенит-порфиры (рис. 6). Отложения продуктивного горизонта — мраморы, кальцифиры, апатит-карбонатные, окварцованные апатит-карбонатные, реже апатит-кварцевые породы с линзами диопсидовых и биотит-диопсидовых кристаллических сланцев выходят на поверхность в ядре мелкой синклинали складки.

Апатитовое оруденение локализуется в магнезиальных мраморах мощностью 200—300 м. Апатит образует обильную вкрапленность в карбонатных, существенно доломитовых породах. Распределение его неравномерное. Содержание P_2O_5 в рудах колеблется от первых процентов до 27% и в среднем составляет 7—8%. Руды сложены в основном карбонатом (преимущественно доломитом), апатитом и мартитом. Содержание последнего изменяется в пределах 5—10%. В ряде случаев в значительных количествах присутствует кварц.

Прогнозные запасы месторождения оцениваются в 600—800 млн. т руды. Магнетит-apatитовые руды встречаются во многих интрузиях Маймеча-Котуйской провинции. Наиболее изучено в настоящее время Ессейское месторождение, приуроченное к многофазной интрузии щелочно-ультраосновного состава. Интрузия имеет концентрическое строение (рис. 7). Центральная часть ее сложена карбонатитами, в ядре которых располагается три изометричных в плане тела апатит-магнетитовых пород общей площадью 0,12 км². Карбонатиты окружены кольцом магнетит-apatитовых пород шириной 150—500 м.

По данным Л. С. Егорова и Г. И. Поршнева, среднее содержание P_2O_5 в магнетит-apatитовых породах составляет 19,2%. Прогнозные геологические запасы оцениваются в 175 млн. т P_2O_5 .

Проявление апатит-редкометаллических руд карбонатитового типа известны в Восточно-Саянской провинции. Массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами приурочены здесь к зоне пограничных разломов, отделяющих платформу от области завершенной складчатости. В пределах провинции известно четыре массива, из которых наиболее богат апатитом Восточно-Саянский.

Основными концентраторами апатита являются карбонатиты, особенно их кальцитовые разновидности. Содержание в них P_2O_5 варьирует от 2 до 8%. Среднее содержание P_2O_5 во всех разновидностях карбонатитов составляет 4%. Прогнозные запасы апатита в массиве А. А. Фроловым оцениваются в 1 млрд. т или 400 млн. т P_2O_5 .

Наиболее изученным является Белозиминское месторождение, приуроченное к одноименному массиву. Массив представляет собой трубообразное тело асимметричного зонально-кольцевого строения, сложенного силикатными породами (пироксенитами, ийолитами, мальтейгитами, нефелиновыми сиенитами, пикритовыми порфиритами) и карбонатитами в примерно равном соотношении.

Апатит концентрируется как в коренных породах, так и в коре их выветривания.

В коренных породах апатит сосредоточен в карбонатитах. Распределение апатита в различных разновидностях карбонатитов неодинаково. Наряду с относительно равномерно рассеянной вкрапленностью выделяется апатитовое оруденение с повышенным содержанием P_2O_5 в кальцитовых карбонатитах на контакте с останцами силикатных пород, на участках развития апатит-магнетитовых пород и метасоматически измененных карбонатитов. Общие запасы в коренных породах оцениваются в 600 млн. т (до глубины 150—200 м) при среднем содержании P_2O_5 в руде 4,2%.

Установлена возможность получения апатитового концентрата, содержащего 28% P_2O_5 при извлечении 35%. При термохимическом обогащении были получены концентраты с содержанием 38% P_2O_5 при извлечении 55% от исходной руды.

Пегматитовые месторождения апатита встречаются в генетической связи с габброидными породами и сиенитами. Для ряда месторождений связь с интрузиями не устанавливается. Месторождения этого типа ввиду небольших размеров при

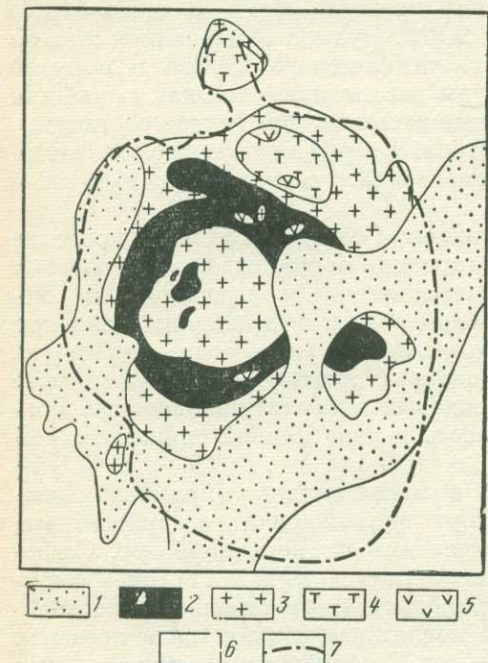


Рис. 7. Схематическая геологическая карта массива Есей (по Л. С. Егорову и Г. И. Поршневу):

1 — водно-ледниковые отложения; 2 — магнетит-апатитовые породы; 3 — карбонатиты; 4 — якупирангит-мельтейгиты; 5 — оливиниты и перидотиты; 6 — карбонатные и кремнисто-карбонатные осадочные породы (в контакте с массивом метаморфизованные); 7 — контур залежи по геофизическим данным

современных масштабах добычи, как правило, промышленного значения не имеют, однако в ряде стран (Канада, Индия, Норвегия), где отсутствуют или не известны месторождения фосфатов другого типа, пегматитовые месторождения разрабатываются.

В СССР известны апатитоносные пегматиты, связанные с габброидными породами в Восточных Саянах, на Южном Урале и в Кузнецком Алатау.

Контактово-метасоматические месторождения апатита приурочены к контактовым зонам гранитоидов и сиенитов с карбонатными породами. Апатит здесь находится в тесной ассоциации с типичными

скарновыми минералами: гранатом, диопсидом, флогопитом, актинолитом, магнетитом и др. Промышленные месторождения этого типа встречаются весьма редко и обладают сравнительно небольшими запасами апатитовых руд. Месторождения этого типа известны в Канаде, Индии и на Мадагаскаре.

В СССР известно одно Маркопиджское месторождение на Северном Кавказе. Апатитоносные зоны на этом месторождении сложены различными контактово-метасоматическими апатит-карбонатными, амфибол-apatит-карбонатными, апатит-биотит (флогопит)-карбонатными, апатит-амфиболовыми, апатит-пироксен-амфиболовыми и другими породами. В пределах зон выявлено несколько рудных тел, наиболее крупное из которых (Центральная залежь) представлено системой субпараллельных апатит-карбонатных тел, залегающих в различных апосерпентинитовых метасоматитах. По предварительным подсчетам, запасы апатитовых руд Центральной залежи оцениваются в 12 млн. т при среднем содержании P_2O_5 6,4%. Апатит-карбонатные руды месторождения легко обогащаются с получением концентрата с содержанием 32—34% P_2O_5 при извлечении 70—83%. Руды содержат также вермикулит в количествах, достаточных для попутного извлечения.

Гидротермальные месторождения апатита подразделяются на высокотемпературные и среднетемпературные. Первые обычно представлены жилами небольших размеров с высоким содержанием апатита. Вследствие небольшой мощности жил и высокой стоимости разработки высокотемпературные месторождения самостоятельного практического значения не имеют. Разработка их может быть целесообразна попутно с добычей других, более ценных полезных ископаемых (флогопита и др.).

Среднетемпературные месторождения апатита представлены или трещинными жилами, залегающими в силикатных породах, или метасоматическими залежами, располагающимися в известняках. Среднетемпературные месторождения встречаются также редко. Известны они в Испании, Италии, Индии и Канаде.

В Советском Союзе высокотемпературные месторождения встречаются в Иркутской области и относятся к апатит-кальцит-флогопитовой формации. Примером месторождений этого типа может быть Слюдянское. Основным типом апатитоносных тел служат лестничные жилы, имеющие длину около 20 м и мощность до 1 м. Апатит в ассоциации с кальцитом составляет центральную часть жил. Местами он образует значительные скопления, представленные крупными кристаллами. Промышленного значения месторождение не имеет.

К апатит-кальцит-флогопитовой формации условно относятся и апатитовые проявления Северного Казахстана, располагающиеся в осадочных и вулканогенно-осадочных отложениях ордовика, реже в магматических породах, перекрывающих эти отложения. Наиболее значительные Тастыкол-Коксорские апатитовые жилы залегают в карбонатных известково-аргиллитовых и вулканогенно-карбонатных горизонтах ангресурской свиты Карадокского яруса. Месторождение промышленного значения не имеет.

Вулканогенно-осадочные месторождения имеют весьма ограниченное распространение. В настоящее время выявлены лишь единичные месторождения, которые могут быть отнесены к этому типу. В Советском Союзе к месторождениям этого типа ряд исследователей относит Холзунское на Алтае и апатит-магнетитовые руды, развитые в Маркокульском районе на юге Алтая.

Рудоносная пачка Холзунского месторождения согласно залегают среди вмещающих ее вулканогенных пород. Мощность ее колеблется от 400—500 м на юго-востоке до 80—100 м на северо-западе. Пачка непрерывно прослежена —

на 20 км; перспективные запасы месторождения оцениваются в 0,5—1,3 млрд. т. Апатит-магнетитовые руды в составе стратиграфически выдержанной рудоносной пачки прослеживаются в виде пластов и линз различной протяженности, разделенных между собой безрудными туффитами. Содержание P_2O_5 в апатитоносных пластах изменяется от нескольких десятых долей процента до 3—4%, достигая в некоторых случаях 25—27%.

Месторождения выветривания распространены в областях с умеренным климатом и образуются путем обогащения вмещающих фосфатное вещество пород, за счет выщелачивания известняков, доломитов и мер-

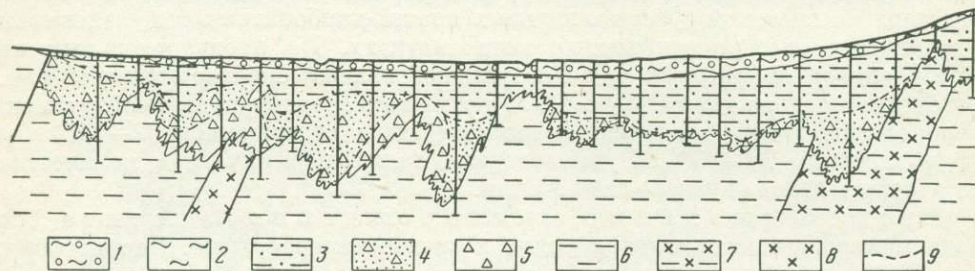


Рис. 8. Геологический разрез одного из участков Белозиминского массива по коре выветривания:

1 — аллювий; 2 — делювий; 3 — карбонатные охры; 4 — обохренная сыпучка; 5 — сыпучка необохренная; 6 — кальцитовый с апатитовой минерализацией карбонатит; 7 — анкеритовый карбонатит; 8 — пйолит; 9 — контакты постепенных переходов пород

гелей. На апатитоносных карбонатитовых массивах в результате химического выветривания нередко образуются обогащенные апатитом коры выветривания. Примером месторождений этого типа может быть Белозиминское, приуроченное к одноименному массиву ультраосновных щелочных пород и карбонатитов. Кора выветривания представлена остаточной корой линейного типа. Образование ее связано с интенсивным выветриванием карбонатитов, которое происходило в пересекающей массив широкой зоне тектонических нарушений. Мощность коры — 20—30 м. В ее строении наблюдается четкая вертикальная зональность (рис. 8), обусловленная различной степенью выветрелости карбонатитов. Снизу расположен горизонт необохренных сыпучек, далее горизонт обохренных сыпучек и сверху — горизонт охр. Апатит распределяется в коре выветривания неравномерно. Самое высокое содержание его в охристых образованиях (13,7%), более низкое в обохренных сыпучках (7,8%) и наиболее низкое в необохренных сыпучках (4,5—5,5%). Общие запасы коры выветривания оцениваются в 250 млн. т руды со средним содержанием 10,4% P_2O_5 . Руды хорошо обогащаются; возможно получение апатитового концентрата, содержащего 36—39% P_2O_5 при извлечении 70—75%, пригодного для получения желтого фосфора, фосфорной кислоты и двойного суперфосфата.

Обогащенные апатитом коры выветривания известны и в других районах СССР. Так, на месторождении Горноозерское на Алданском щите содержание апатита в россыпи Горного Озера достигает 11—18%.

Коры выветривания, обогащенные апатитом до размеров, представляющих практический интерес, образуются иногда на метаморфогенных месторождениях (Лоакайский апатитоносный бассейн, Социалистическая Республика Вьетнам).

Наряду с апатит-редкометалльными рудами месторождения выветривания иногда представлены апатит-вермикулитовыми рудами. Такие руды встре-

чаются в пределах ультраосновных — щелочных пород Кокчетавской глыбы в Северном Казахстане. Кора выветривания здесь развита по пироксенитам и имеет мощность 15—20 м. Содержание P_2O_5 колеблется от 2—4 до 20—30% и в среднем составляет 8—10%. В рудах содержится также флогопит в количестве 10—12%.

Метаморфогенные месторождения апатита образуются в результате регионального и контактового метаморфизма первично-осадочных фосфоритов. Вследствие этого они обычно имеют форму пластов и пластовых залежей, переходящих по простиранию в фосфориты. Мощность таких пластов колеблется от 1—2 до 10—15 м. Апатит представлен фтористой разновидностью (фторапатитом). Примером регионально-метаморфизованных месторождений может служить Слюдянское месторождение, а контактово-метаморфизованных — месторождения Чулактау, Тепик-Тас и некоторые другие Каратауского фосфоритоносного бассейна.

Слюдянское апатитовое месторождение приурочено к докембрийским кристаллическим сланцам и мраморам слудянской серии. Руды представлены кварц-диопсидовыми, кварц-карбонатными, кварц-диопсид-карбонатными и карбонатными апатитоносными породами. Содержание апатита в породе чрезвычайно неравномерное: от долей до 20%, а местами и более. Среднее содержание P_2O_5 на месторождении 5,4%.

Каратауский фосфоритоносный бассейн сложен нижнекембрийской интенсивно дислоцированной песчано-сланцево-кремнистой толщей с прослоями туфогенных пород общей мощностью около 3000 м. Фосфоритовый пласт мощностью от нескольких до 20—30 м представляет собой выдержанный горизонт, протягивающийся на десятки километров. Процесс метаморфизма особенно наглядно наблюдается на месторождении Чулактау, где последовательно наблюдаются все зоны метаморфизма от нормальных осадочных фосфоритов, через слабометаморфизованную зону с кварц-кальцит-тальковой минерализацией до тремолит-apatитовых, кальцит-apatитовых и диопсид-apatитовых пород с примесью других высокотемпературных минералов.

Среди различных генетических типов апатитовых месторождений промышленное значение имеют магматические, карбонатитовые, выветривания и метаморфогенные. Пегматитовые, контактово-метасоматические, гидротермальные и вулканогенно-осадочные месторождения незначительные по запасам, характеризуются низким содержанием апатита. В настоящее время эти месторождения промышленного значения не имеют.

В зависимости от условий образования, морфологии рудных тел и их вещественного состава все промышленные месторождения Советского Союза можно разделить на три геолого-промышленных типа:

1. Магматические месторождения апатит-нефелиновых руд, представленные крупными пластообразными и линзообразными залежами, относительно устойчивы по мощности и качеству руд. К этому типу относятся апатитовые месторождения Хибинского щелочного массива (Кукисвумчорр, Расвумчорр, Юкспор, Апатитовый Цирк), промышленное значение которых чрезвычайно велико. Здесь сосредоточены основные запасы и добыча высококачественных апатитовых руд страны.

2. Магматические месторождения, представленные массивами изверженных пород с относительно равномерной вкрапленностью апатита. Из месторождений этого типа пока известно только Ошурковское.

3. Месторождения различного генезиса, представленные сложными по форме залежами, изменчивой мощности или несколькими рудными слоями

сложного строения. К этому типу относятся Коашвинское месторождение апатит-нефелиновых руд, Ено-Ковдорское, Белозиминское и другие комплексные месторождения.

Поисковые работы. Закономерности локализации апатитового оруденения определяют выбор площадей для постановки поисковых работ и поисковые критерии, которые для разных генетических типов месторождений могут быть различны.

Пространственная и в определенной мере генетическая связь наиболее крупных апатит-нефелиновых залежей с комплексом ийолит-уртитов определяет ведущее значение магматического контроля оруденения для месторождений этого типа. В большинстве случаев апатит-нефелиновые руды располагаются в кровле ийолит-уртитов, в контакте их с рисчорритами, однако иногда, например на Коашвинском месторождении, они расположены среди ийолит-уртитов или вдали от ийолит-уртитового кольца в рисчорритах (Поачвум-чорр).

Выбор площадей для постановки поисковых работ на апатит-нефелиновые руды Хибинского массива определяется положением апатит-нефелиновых руд, в целом совпадающим с полукольцевой интрузией ийолит-уртитовых пород или расположенной в контакте последних с рисчорритами.

Однако следует иметь в виду возможность образования промышленных скоплений апатита метасоматическим путем, а также путем внедрения самостоятельной магмы апатит-нефелинового состава, не связанной с ийолит-уртитовой интрузией. На основе этого площадь поисковых работ может быть расширена или выбрана перспективная площадь вдали от развития ийолит-уртитов.

При выборе площадей для постановки поисковых работ на апатит следует иметь в виду, что наиболее крупные месторождения апатита, в том числе и хибинские, связаны с платформенным магматизмом. Самые крупные массивы нефелиновых сиенитов, в том числе и апатитоносные, располагаются на древних платформах.

Контактово-метасоматические апатит-магнетитовые месторождения связаны, как правило, с габбро-плаггиогранитной и габбро-сиенитовой формацией в послепротерозойских складчатых областях уральского типа. Интрузии приурочены к разрывам, образовавшимся в зонах прогибания во второй ранней фазе складчатости.

Апатитовые и апатит-магнетитовые месторождения карбонатитового типа связаны с формацией щелочных и ультраосновных пород с карбонатами. Положение последних определяется приуроченностью их к крупным разломам в осевой части или на флангах сводовых поднятий в пределах древних платформ и областей завершенной складчатости (Маймеча-Котуйская, Алданская и другие провинции).

Метаморфогенные апатитовые месторождения образуются при наложении регионального метаморфизма на комплексы развития первично фосфоритоносных отложений. Образование высококачественных апатитовых руд происходит при метаморфизации богатых фосфоритов. Месторождения этого типа встречаются в докембрийских складчатых областях (Прибайкалье, Енисейский край, Украинский кристаллический массив).

Комплексные апатит-титаномагнетитовые месторождения ассоциируются чаще всего с интенсивно дифференцированными габброидными и габбро-сиенитовыми комплексами, образовавшимися в субплатформенных условиях областей завершенной складчатости.

При выборе площадей для постановки поисковых работ на апатит необходимо учитывать и другие критерии. Для поисков месторождений апатита большое значение имеют магматогенные, структурные и геохимические критерии, а также парагенезис минералов.

Магматогенные критерии выражаются в связи апатитовых месторождений различных генетических типов с изверженными породами определенного состава: апатит-нефелиновые руды приурочены к щелочно-ультраосновным ийолит-уртитовым комплексам пород, апатит-титаномагнетитовые залегают внутри габбро-анартозитовых массивов, апатитовые месторождения карбонатного типа связаны с центральными интрузиями ультраосновных и щелочных пород.

Размещение апатитовых месторождений определяется также структурными факторами. В Хибинском массиве, являющемся сложным плутоном центрального типа, апатитовое оруденение приурочено к конической ийолит-уртитовой интрузии. Для некоторых габбровых массивов отмечается повышенное содержание апатита в приконтактовой зоне.

Обобщение особенностей геологической структуры хибинских апатитовых месторождений позволило Е. А. Каменеву (1975) сделать вывод о наличии пространственной структурной зональности в размещении апатит-нефелиновых рудных тел, взаимосвязанных общностью строения и генезиса.

Генетически родственные апатитовые месторождения Хибинского массива группируются в три рудных поля, характеризующихся специфическими особенностями геологического строения апатитовых залежей.

Северо-западное рудное поле включает Партомчорр-Лявйокское месторождение и рудный участок Куэльпор. Рудные зоны здесь на современном эрозионном срезе характеризуются многократным переслаиванием апатит-нефелиновых руд и массивных уртитов или маломощными (до 20 м) залежами апатит-нефелиновых, частично брекчированных руд.

Поисковые работы здесь должны быть направлены на выявление рудных тел, расположенных со стороны всячего бока интрузии лявчорритов.

Юго-западное рудное поле, в пределах которого находятся месторождения Кукисвумчорр, Юкспор, Расвумчорр, в значительной степени эродировано. Поиски промышленного оруденения на доступных ныне глубинах здесь менее перспективны, хотя не исключена возможность обнаружения мощных рудных тел в корневых частях на значительно больших глубинах.

Юго-восточное рудное поле, к которому относится Эвеслогчоррская апатитовая залежь, участки Расвумчорр — Коашва, Вуониemiок и Коашвинская рудная зона и месторождение Ньоркпахк-Суолоайвинское, по мнению Е. А. Каменева, является наиболее перспективным для поисков скрытого оруденения. Промышленно интересные концентрации апатита могут быть обнаружены на глубине за пределами распространения молодой интрузии лявчорритов со стороны ее всячего бока.

С геохимической точки зрения для образования крупных магматических месторождений апатита необходимо сочетание двух основных условий: интрузивный массив должен быть щелочным образованием натриевой линии и относиться к миаскитовому ряду, так как только в породах последнего фосфор выделяется в виде апатита.

Апатитовая минерализация разного генезиса сопровождается определенным комплексом сопутствующих минералов. В ультраосновных и щелочных интрузиях центрального типа наиболее высокие содержания апатита приурочены к магнетитовым и флогопит-диопсидовым породам. В основных породах

апатит всегда ассоциирует с темноцветными минералами, преимущественно с титан-авгитом, керсутитом, ильменитом и титаномагнетитом, реже с сульфидами меди.

Важное значение как поисковый признак в Хибиногорском районе имеет сфеновая минерализация. Проявление ее в полосе пород вдоль всячего бока ийолит-уртитовой интрузии должно рассматриваться как индикатор возможного апатитового оруденения, скрытого на глубине.

В гидротермальных апатитовых месторождениях апатизация пород сопровождается карбонатизацией, альбитизацией, хлоритизацией, серпентинизацией и другими окolorудными изменениями, которые могут служить поисковым признаком апатитовых месторождений этого типа.

Для метаморфогенных апатитовых месторождений парагенезис минералов зависит от состава первичных пород и степени метаморфизма.

В результате регионального метаморфизма пластовых фосфоритов образуются руды апатит-доломитового и апатит-доломит-кварцевого состава. В коре выветривания в результате выноса карбонатов образуются существенно апатитовые и кварц-апатитовые руды. В условиях глубокого метаморфизма доломит-кремнистых фосфоритсодержащих отложений образуются апатитоносные диопсидовые кварциты.

При метаморфизме фосфорсодержащих железорудных отложений формируются апатит-магнетитовые руды.

Н. Г. Латышов (1973) выделяет три апатитоносные формации: щелочно-ультраосновную с карбонатами, кимберлитовую и щелочных сиенитов с карбонатами. Наиболее перспективной является щелочно-ультраосновная с карбонатами, где возможно выявление крупных месторождений.

Абсолютное большинство апатитоносных провинций и районов располагается на периферии Русской и Сибирской платформ. Максимальные скопления эндогенного, в основном магматического апатита, составляющие в пересчете на P_2O_5 83% от его общесоюзных запасов сосредоточены в области докембрийской складчатости — главным образом на щитах, а также в приподнятых частях платформ и в зонах региональных глубинных разломов. Во всех случаях наблюдается нарастание концентраций апатита от докембрия к герцинской эпохе и затем — резкий спад в мезо-кайнозое. Месторождения апатита, ассоциирующие с формациями агпаитовых нефелиновых сиенитов, ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов, располагаются только на щитах, в приподнятых частях платформ и в зонах межструктурных глубинных разломов.

Существенное влияние на концентрацию фосфора оказывают первоначальный состав расплава и характер развития щелочного магматизма: натриевая линия — определяет появление крупных и уникальных месторождений апатита, натриево-калиевая — обуславливает возникновение преимущественно мелких объектов, а калиевая — практически не дает промышленных концентраций фосфатов.

Для обнаружения апатитовых руд и их первичной оценки большое значение, кроме геоструктурной позиции региона и особенностей тектоно-магматической активизации региона имеют также рассеченность территории глубинными разломами, проявление разломов рифтового типа, авлакогенов, глубины становления и эрозионного среза массивов, их петрохимические и некоторые другие особенности. Только совместный учет этих особенностей в их совокупности позволит правильно оценить потенциальную апатитоносность исследуемой площади, провести рациональную отбраковку малоперспективных объектов и выделить наиболее перспективные для первоочередных работ.

Наиболее перспективными генетическими типами промышленных месторождений на территории СССР следует считать: 1) магматические месторождения апатит-нефелиновых руд, приуроченные к массивам щелочных пород, сложенных в основном нефелиновыми сиенитами и принадлежащих формации центральных интрузий агпаитовых нефелиновых сиенитов; 2) карбонатитовые месторождения апатит-магнетитовых, апатит-редкометалльных и в меньшей степени апатит-флогопитовых руд, связанных с формацией центральных интрузий ультраосновных щелочных пород; 3) магматические месторождения апатит-ильменитовых руд в составе формации анортозитов; 4) месторождения регионально-метаморфизованных руд, принадлежащих формации кристаллических сланцев архея. Обнаружению этих генетических типов промышленных месторождений апатита необходимо уделять первоочередное внимание при поисках апатитовых руд.

Знание и учет критериев, контролирующих апатитовое оруденение, позволяет более целеустремленно проводить поиски апатитовых месторождений и выбирать площади для постановки поисковых работ.

Исследования по выявлению апатитовых руд конкретного промышленного типа следует проводить поэтапно: поиски апатитоносных провинций, поиски апатитоносных массивов в пределах провинции, поиски апатитовых месторождений в пределах потенциально-перспективного массива.

Задачи и методы проведения поисковых работ на апатит обуславливаются степенью освещенности изучаемого объекта до начала постановки поисковых работ, а методы поисков, кроме того — типом месторождения, нахождение которого возможно в данном регионе.

Общие поиски проводятся в пределах крупных геологических структур, перспективных для нахождения проявлений апатитоносности. Назначение общих поисков — выявить проявления апатитизации и установить ориентировочные границы их распространения.

Поисковые методы, применяемые для решения этой задачи, различны и зависят от природных условий района поисков и предполагаемого типа апатитоносных проявлений.

Основным методом, применяемым для общих поисков, является маршрутное или площадное обследование местности. Общие поиски производятся на основе геологической карты масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000 с широким применением геофизических работ.

При поисках магматических месторождений апатита, связанных со щелочными интрузивными породами геофизическими методами, решаются три основные задачи: изучение внешних контактов и морфологии плутона нефелиновых сиенитов; изучение внутренней структуры плутона; непосредственные поиски апатитовых рудных тел.

Для установления внешнего контура и морфологии массива нефелиновых сиенитов применяется аэромагнитная съемка масштаба 1 : 200 000. Эта съемка дает сугубо ориентировочное представление о морфологии массива, его размерах и позволяет приблизительно оценить глубину залегания нижней поверхности интрузий нефелиновых сиенитов.

В некоторых случаях контакт нефелиновых сиенитов с эффузивно-осадочными породами может быть зафиксирован наземными магнитометрическими работами. Однако в большинстве случаев из-за неоднородности магнитного поля как над щелочной интрузией, так и над эффузивно-осадочными отложениями определение положения внешнего контура массивов наземными магнитометрическими работами весьма затруднено. Более надежным методом изучения

внешних контуров интрузии является гравиразведка, однако этот метод не может быть применен на участках, где контур массива проходит по контакту нефелиновых сиенитов с гнейсированными породами, так как средние их плотности практически совпадают.

Наиболее точным методом изучения внешних контактов массивов нефелиновых сиенитов является сейсморазведка методом отраженных волн по профилям, задаваемым вкрест контактов. Этот метод позволяет установить контакт нефелиновых сиенитов с любыми вмещающими его породами.

Для расчленения на петрографические разновидности щелочных пород и выделения продуктивных ийолит-уртитов применяется гравиметрия и магнитометрия. Гравимагнитные наблюдения дают возможность установить выходы ийолит-уртитовых пород, с которыми связано апатитовое оруденение. Гравиметрические данные позволяют также картировать выходы этих пород под наносами, и, что особенно важно, проследживать их под другими комплексами нефелиновых сиенитов, в первую очередь под рихсдорритами. Однако геофизические методы, позволяющие установить наличие продуктивных ийолит-уртитов, не могут дать ответ на их перспективность в части апатитовосности. Поэтому гравиметрическую и магнитную съемки следует сопровождать дополнительными исследованиями и в первую очередь изучением первичных ореолов рассеяния фосфора и его спутников.

Для непосредственных поисков апатитовых руд, связанных с нефелиновыми сиенитами, применяется комплекс геофизических работ, включающий магнитную и высокоточную гравиметрическую съемки масштаба 1 : 5000—1 : 10 000. С помощью магнитной съемки картируются рудоконтролирующие контакты, а высокоточная гравиметрия позволяет выявить и оконтурить в ее пределах участки возможного апатитового оруденения. Глубинность комплекса оценивается в 50—60 м. Геофизические методы поисков должны сопровождаться геохимической съемкой по первичным ореолам рассеяния фосфора и его элементов-спутников (в первую очередь фтора), а на участках отсутствия морены и развития элювиально-делювиальных отложений — и по вторичным ореолам рассеяния этих элементов.

Возможность поисков геофизическими методами апатитсодержащих руд, генетически связанных с изверженными основными и ультраосновными породами, обусловлена повышенной плотностью и магнитными свойствами интрузий и особенно их оруденелых частей, а иногда и пониженной радиоактивностью или повышенной электропроводностью зон оруденения.

Выявление и оконтуривание площадей развития основных и ультраосновных интрузивных пород, с которыми связаны обычно апатит-магнетитовые, апатит-ильменитовые, апатит-титаномagnetитовые, реже существенно-apatитовые (ошурковские), месторождения, осуществляется, как правило, аэромагнитной или наземной магнитной съемками масштаба 1 : 20 000—1 : 50 000. В связи с обычно пониженной радиоактивностью основных и ультраосновных пород аэромагнитную съемку целесообразно применять в комплексе с аэрометрической. В сложных геологических условиях полезно проводить также мелкомасштабную гравиметрическую съемку.

Выделение оруденелых разностей основных и ультраосновных интрузивных пород в простейших случаях осуществляется магниторазведкой масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000. В случаях, когда одна магниторазведка не дает достаточно четких результатов, ее дополняют гравиметрией или измерениями градиентов поля силы тяжести. Известны случаи выделения оруденелых габброидов с помощью метода заряженного тела. В качестве вспомогательного метода для

исследования рыхлых образований и рельефа кровли коренных пород иногда с успехом используется вертикальное электрическое зондирование.

Оценка апатитоносности оруденелых разностей основных и ультраосновных интрузивных пород и оконтуривание апатитоносных участков в благоприятных геолого-геохимических условиях производится с помощью литохимической съемки на фосфор, причем аномальные содержания последнего во вторичных ореолах рассеяния рассматриваемых месторождений редко превышают 1%.

Основными предпосылками для применения геофизических методов поисков карбонатитовых месторождений апатита являются высокая восприимчивость вмещающих карбонатиты ультраосновных щелочных пород, относительно низкие магнитные свойства и, как правило, высокая радиоактивность карбонатитов. Исходя из этих предпосылок задача выявления и оконтуривания карбонатитовых ультраосновных щелочных интрузий решается магниторазведкой, предпочтительно воздушной в комплексе с аэрогамма-съемкой масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000.

Массивы ультраосновных щелочных пород обычно создают изометричные в плане аномалии интенсивностью в тысячи гамм, площадью до десятков квадратных километров и весьма характерного вида, отражающего грубоконцентрическое строение массивов. Выделение карбонатитов среди ультраосновных щелочных интрузивных пород предварительно можно осуществлять по данным аэромагнитной съемки. Однако магнитное поле над породами карбонатно-щелочного комплекса, как правило, имеет сложное строение и высокую интенсивность. Кроме того, не всегда и не все разновидности карбонатитов обладают относительно пониженными магнитными свойствами. В связи с этим, даже детальные (1 : 10 000 и крупнее) наземные магнитные съемки, фиксируя местоположение некоторых разновидностей карбонатитов, нуждаются в дополнительных методах исследования. Таким методом может служить радиометрия в вариантах гамма-съемки или эманационной съемки в зависимости от геоморфологических и геохимических условий изучаемого объекта. Известны примеры картирования карбонатитов с помощью микромагнитной съемки, электроразведки методом симметричного профилирования и литохимического опробования на редкие элементы и фосфор.

Для выявления апатитовых руд коры выветривания карбонатитов и определения условий их залегания может применяться литологическая съемка на фосфор и вертикальное электрическое зондирование. Не исключено применение для более точного определения мощности — сейсморазведки малых глубин. Богатые апатитовые коры выветривания карбонатитов часто представляют собой скопления апатита, обладающего высокой плотностью, присутствием фтора, способного люминесцировать, а также магнетита, имеющего высокую плотность и магнитные свойства. Это создает реальные предпосылки для использования при оконтуривании залежей богатых руд гамма-плотнометрии в естественном залегании и термолюминесцентного опробования. Для выбора наиболее целесообразного комплекса методов необходимо проводить специальные опытные работы.

Для поисков метаморфогенных месторождений, отличающихся повышенной радиоактивностью, могут быть использованы радиометрические методы. Кроме того, отсутствие магнитных минералов в составе руд месторождений этого типа свидетельствует о возможном локальном понижении магнитного поля над апатитоносными горизонтами, которые могут быть установлены магнитометрией. При наличии непогребенных элювиально-делювиальных отложений

возможна фиксация этих горизонтов по ореолам рассеяния фтора и его спутников. Вполне вероятно перспективность электроразведочных методов для картирования и расчленения метаморфических толщ.

Контактово-метасоматические месторождения, представленные апатитоносными скарнами, могут быть выявлены электромагнитной (лучше комплексной аэромагнито-аэорадиометрической) съемкой, которая проводится обычно в масштабе 1 : 50 000. Непосредственные поиски и оконтуривание апатитовых руд осуществляются наземной магнитной съемкой масштаба 1 : 25 000—1 : 10 000 и литохимической съемкой на фосфор и его спутники. Возможно применение гамма-съемки.

Детальные поиски апатитовых месторождений осуществляются путем маршрутных пересечений или площадного обследования с широким применением горных и буровых работ. Детальные поиски обычно проводятся в масштабе 1 : 10 000. Маршруты проходятся через 200—400 м. По линиям маршрутов на участках, закрытых четвертичными отложениями, проходятся канавы и неглубокие шурфы (5—10 м). На участках с большой вскрышей бурятся скважины. Плотность выработок определяется сложностью геологического строения: она должна обеспечить с учетом естественных обнажений установление границ распространения апатитоносных и вмещающих их пород, а также условия их залегания. Обычно расстояния между выработками при вытянутой форме залежей апатита (Хибиногорский район) принимаются 100—200 м. На месторождениях площадного распространения апатитоносности выработки проходятся по квадратной сети 200×200 или 400×400 м в зависимости от масштаба апатитопроявления и сложности его строения.

Важное значение при проведении поисковых работ имеет правильная расшифровка дорудной, внутрирудной и особенно пострудной тектоники. Нередки случаи, когда апатитоносные породы брекчированы, взломаны и даже срезаны более молодыми образованиями (в Хибинах — ийолит-уртитамы, нефелиновыми сианитами и др.).

Для получения опорных геолого-структурных разрезов целесообразно на стадии поисков пройти ряд глубоких выработок. В Хибинском районе для этого обычно расстояния между опорными разрезами принимаются равными 2—3 км, а между выработками на разрезах — 20—40 м.

Широко используются также геофизические и геохимические методы поисков. Из геофизических методов при детальных поисках применяются все указанные выше наземные способы. Однако ограниченность геофизических методов поисков прежде всего заключается в небольшой глубинности исследования (не более 50—60 м) и неоднозначности получаемых результатов. Вследствие этого в комплекс поисковых работ для повышения их эффективности следует включать геохимические исследования. Положительные результаты дает изучение первичных и вторичных ореолов рассеяния фосфора (в первую очередь фтора) для магматических месторождений апатита, связанных со щелочными интрузиями, и комплексных апатитсодержащих месторождений, связанных с интрузиями основного и ультраосновного состава.

Литохимические профили следует располагать таким образом, чтобы они пересекали все литологические разности руд и захватывали также вмещающие породы. Перед массовым литохимическим опробованием на исследуемом участке целесообразно партию проб разделить на фракции +3,0; +1,0; +0,5; +0,25 и —0,25 мм. Пробы из каждой фракции следует подвергнуть спектральному полуколичественному анализу на фосфор с целью выбора наиболее оптимальной фракции для массового опробования. На Ошурковском месторожде-

нии, например, таким путем было установлено, что наибольшее количество фосфора в рыхлых породах тяготеет к обломкам размером 1 мм и менее. С увеличением крупности зерен содержание фосфора в них заметно снижается. Учитывая это, при массовой обработке проб использовалось сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Анализы проводились на фосфор, алюминий, магний, кальций и др.

Точность литохимического опробования, как показали контрольные химические анализы, была вполне удовлетворительной. Этими работами была доказана возможность применения литохимической съемки для выявления и оконтуривания апатитоносных диоритов. За границу ореола рассеяния фосфора при поисках месторождений апатита, аналогичных Ошурковскому, может быть принята величина 0,21 и 0,45% P_2O_5 .

Поисково-оценочные работы проводятся на участках проявления апатитового оруденения, выявленного в результате предварительных или детальных поисков. Цель этих работ состоит в сборе информации, необходимой для выбора месторождений, на которых следует поставить предварительную разведку и отбраковку проявлений апатитоносности, не представляющих практического интереса. На этой стадии изучаются как поверхность месторождения, так и его глубокие горизонты.

Методика поисково-оценочных работ вырабатывается для каждого месторождения в зависимости от его типа и геологических особенностей. В общем виде, для Хибинских месторождений она представляется следующей: с поверхности месторождения дополнительно к ранее пройденным выработкам проходятся магистральные каналы, а при большой мощности насосов линии шурфов. Магистральные каналы или линии шурфов должны полностью пересечь залежь на всю ее мощность, а также вмещающие породы, как всяческого, так и лежащего бока. В всячем боку пересекаются породы верхней контактовой зоны; далее короткими каналами или отдельными шурфами прослеживаются контакты между рихсчорритами, лувритами и другими породами. В направлении лежащего бока залежи разведочные выработки продолжают до полного пересечения некондиционных руд и апатитизированных вмещающих пород; далее короткими каналами или отдельными шурфами прослеживаются контакты между ийолитами и урритами, а также между разновидностями этих пород. Расстояния между каналами или линиями шурфов составляют обычно 400—600 м. При наличии естественных обнажений, выработки задаются с учетом их. На каждой залежи необходимо пройти 2—3 таких линии. Этими линиями устанавливается протяженность залежи на поверхности, выявляются изолированные рудные тела, не вскрытые при детальных поисках, а также апатитизированные пширы, ксенолиты, зоны апатитизированных ийолитов и урритов, находящиеся вблизи от основной залежи. Для оценки апатитоносности на глубину по центральной линии пробуривается 2—3 скважины.

Методика поисково-оценочных работ на месторождениях апатита других генетических типов принципиально не отличается от приведенной выше. Во всех случаях бурение скважин целесообразно проводить после окончания изучения месторождения с поверхности. Полученные результаты бурения следует тщательно проанализировать, сопоставить их с данными поверхностных выработок и составить геологические разрезы. Это поможет судить о характере изменения апатитоносности по падению залежи.

Предварительная разведка. Методика предварительной разведки месторождений апатита обуславливается типом месторождения, размерами залежей, условиями их залегания, морфологией и внутренним строением.

В процессе предварительной разведки должны быть выяснены геологическое строение и структура месторождения в целом. На стадии предварительной разведки проходятся дополнительные выработки к ранее пройденным, с таким расчетом, чтобы обеспечить надежное определение общих масштабов месторождения и подсчитать запасы руды и фосфорного ангидрида по категориям C_1 и C_2 . При сложном строении месторождения небольшая часть запасов (не более 10%) может быть разведана по категории В.

Крутопадающие пластовые, пластообразные и линзообразные залежи апатитов Хибинского массива в местах их выхода на дневную поверхность разведываются канавами, траншеями, а при мощности наносов свыше 3 м — шурфами или мелкими скважинами. На глубину такие месторождения разведываются скважинами колонкового бурения. Глубина, угол наклона и расстояния между выработками должны быть согласованы таким образом, чтобы обеспечить получение сплошного перекрытого разреза, хотя бы по одной разведочной линии. Плотность разведочной сети зависит от особенностей геологического строения месторождения, его размеров, устойчивости мощности и выдержанности качества.

Для основных месторождений Хибинского района — Кукисвумчорр, Юкспор, Плато Расвумчорр и Апатитовый Цирк на стадии предварительной разведки расстояния между разведочными линиями обычно составляют 400—800 м, а расстояния между выработками в линиях — 200—400 м.

Более сложное строение месторождений Коашва и Ньоркпахк обусловили необходимость внесения определенных корректив в методику разведки этих месторождений.

Одним из важнейших вопросов при проведении разведочных работ на месторождении Коашва было получение материалов, подтверждающих сплошность промышленной апатитоносности.

Разведочные линии располагались здесь при предварительной разведке через 250—300 м, а расстояния между скважинами в линиях через 75—150 м. Однако полученная при предварительной разведке информация не позволяла однозначно принять ту или иную трактовку генезиса и строения Коашвинского месторождения.

Для решения вопроса необходимо было дальнейшее сгущение разведочной сети и прослеживание рудных тел горными выработками по простиранию, что и было осуществлено на стадии детальной разведки.

Главным отличием в геологической позиции месторождения Ньоркпахк является то, что в структурном отношении рудная зона залегает в верхней части разреза интрузии трахитоидных ийолитов, тогда как апатитовые залежи других месторождений локализуются в средней части разреза среди массивов уртитов. Другой специфической особенностью этого месторождения является широкое развитие рудных брекчий, цемент которых представлен трахитоидными ийолитами пострудной субфазы (рис. 9). Все это вызывало сомнения в сплошности апатитового оруденения. Для доказательства его на стадии предварительной разведки были пройдены профили через 100 м при расстояниях между скважинами в линиях 125—150 м, которые в основном подтвердили наличие здесь трех залежей, прослеживающихся по простиранию и падению.

Предварительная разведка Ошурковского месторождения с поверхности осуществлялась магистральными канавами по линиям через 400 м, на глубину бурились скважины по сети 400 × 400 м. С целью детализации геологического строения проходились также короткие канавы. Кроме того, для прослеживания

тел лейкократовых сиенито-диоритов и линз апатитовых пород проходились расчистки. Весьма важным вопросом при разведке месторождений апатита является выбор оптимального диаметра скважин. Апатит — минерал хрупкий, склонный вследствие этого к выкрашиванию из стенок керна и к избирательному истиранию. Выкрашивание с поверхности столбика керна приобретает все большее относительное значение с уменьшением диаметра его. Поэтому на стадии предварительной разведки должны быть проведены экспериментальные работы по обоснованию диаметра скважин. Эти работы обычно заключаются в проходке сопряженных горных выработок и скважин различного диаметра

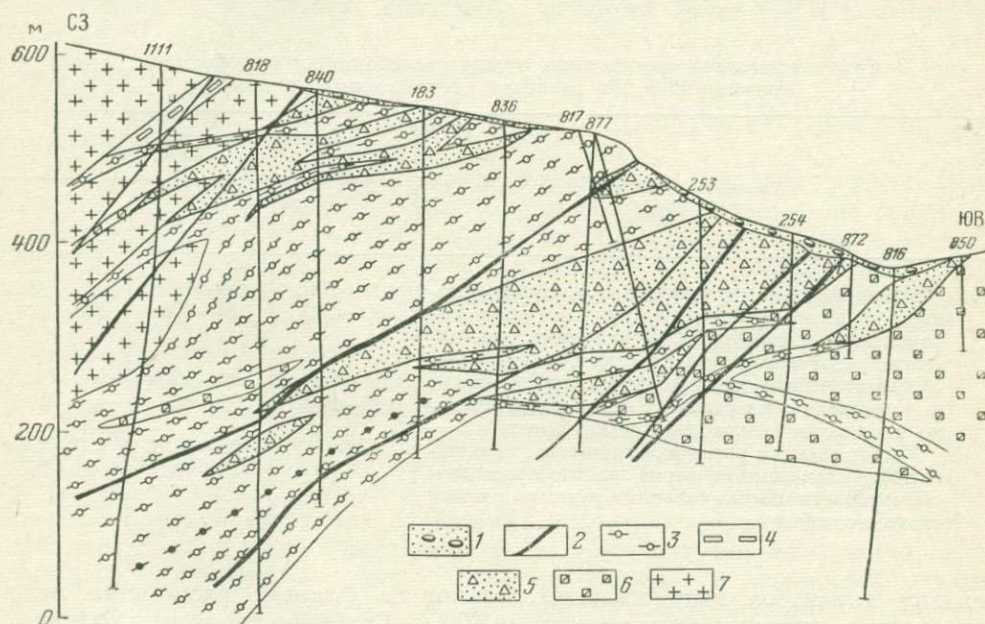


Рис. 9. Геологический разрез Ньоркпахкского месторождения (по Е. А. Каменеву):
 1 — четвертичные отложения; 2 — дайки тингуалитов, понкинитов, мончикитов и диабазов; 3 — иллолиты трахитоидные; 4 — лувяриты трахитоидные; 5 — брекчия апатит-нефелиновых руд; 6 — кyanиты массивные; 7 — рихорриты массивные

Вследствие различной твердости пород, слагающих разрез апатитовых месторождений буровые скважины обычно испытывают значительные искривления, что затрудняет увязку разреза. Поэтому во всех скважинах глубиной более 100 м должны проводиться измерения азимутальных и зенитных углов искривления скважин через каждые 50 м на однородных месторождениях и через 25 м — на сложных. Результаты этих измерений должны учитываться при определении мощности и построении геологических разрезов. Для замеров искривлений применяются инклинометры УМЧ-25 и ИИ-2.

На стадии предварительной разведки целесообразно провести изучение закономерностей искривления скважин с тем, чтобы использовать их на стадии детальной разведки при проектировании мест заложения скважин, обеспечивающих пересечение рудных горизонтов в требуемых точках.

Предварительная разведка комплексных месторождений, на которых апатит является сопутствующим полезным ископаемым, производится по методике, разработанной для основного полезного ископаемого.

Детальная разведка. На стадии детальной разведки для уточнения контура апатитоносного тела, его формы и строения, состава и качества руд проходятся дополнительные выработки. Разведочные выработки задаются с учетом принятой при предварительной разведке, со сгущением сети для перевода запасов в более высокие категории.

Для уточнения поведения залежи на поверхности между ранее пройденными разведочными линиями проходятся линии коротких канав или отдельных шурфов и мелких скважин. На этих линиях разведочными выработками вскрывается верхний и нижний контакты залежи с вмещающими породами. Для уста-

Таблица 4

Ориентировочные расстояния между разведочными выработками, применяемые для разведки месторождений апатита

Группа месторождений	Тип месторождения	Расстояния между выработками для категорий запасов, м		
		A	B	C ₁
1	Магматические месторождения апатит-нефелиновых руд, представленные крупными пластообразными и линзообразными залежами, относительно устойчивыми по мощности и качеству руд	100—200х 50—100	200—400х 100—200	400—800х 200—400
1	Магматические месторождения, представленные массивами изверженных пород с относительно равномерной вкрапленностью апатита	100—200х 100—200	200—400х 200—400	400—800х 400—800
2	Месторождения различного генезиса, представленные сложными по форме залежами изменчивой мощности или несколькими рудными слоями сложного строения	—	75—150х 50—75	150—300х 75—100

новления характера выклинивания залежи на флангах расстояния между разведочными линиями сокращаются до 100 м. Глубокие горизонты изучаются вертикальными или наклонными скважинами колонкового бурения. Угол наклона скважин определяется углом падения залежи с таким расчетом, чтобы угол встречи скважин с залежью был не менее 45°. При сложном строении залежей апатитовых руд необходимо пройти подземные горные выработки для прослеживания рудных тел по простиранию и изучения внутреннего их строения. Подземные горные выработки обычно проходятся на одном — двух горизонтах. Расстояния между горизонтами должны соответствовать высоте эксплуатационного этажа и, как правило, составляют 30—40 м. Плотность разведочной сети зависит от особенностей геологического строения месторождения, его размеров, устойчивости мощности и выдержанности качества руд.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить приведенные в табл. 4 данные о плотности разведочной сети, применявшейся при разведке апатитовых месторождений в нашей стране.

При выборе конструкции скважин следует учитывать необходимость сохранения нужного диаметра при бурении по руде, так как на ряде месторождений диаметр скважины существенно влияет на выход керна. Так, на одном редкометальном месторождении с апатитом выход керна при диаметре 130 мм был 85%, при диаметре 110 м — 63,3%, при диаметре 91 мм — 58,8% и при диаметре 76 мм — 41,2%.

Практика показывает также, что при малых диаметрах коронок искривление скважин бывает большим. Наиболее отчетливо эта закономерность выражается при дробовом бурении, при котором имеет место значительная разработка стволов скважин. Искривление скважин отрицательно сказывается на режиме бурения и приводит к увеличению количества аварий, уменьшает достоверность данных буровой разведки.

Выход керна из скважин колонкового бурения при разведке месторождений апатита должен быть не менее 80%. В тех случаях, когда полезная толща представлена несколькими типами руд или их разновидностей, необходимо принять меры, обеспечивающие указанный выход керна для каждого типа или разновидности руд. Во всех скважинах глубиной более 100 м должны быть произведены через каждые 50 м измерения азимутальных и зенитных углов искривления скважин. Способ измерения должен быть таким, который исключит влияние магнитных свойств руд.

На стадии детальной разведки широко применяются описанные выше геофизические методы разведки.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка). Методика разведки месторождений апатита в пределах горного отвода принципиально не отличается от методики детальной разведки, однако при определении плотности разведочной сети необходимо учесть опыт эксплуатации месторождения и в случае необходимости внести в нее соответствующие коррективы. При доразведке глубоких горизонтов следует учитывать установленный эксплуатационными работами характер изменения оруденения по падению залежи и в соответствии с этим произвести сгущение или разрежение сети разведочных выработок.

Эксплуатационная разведка месторождений апатита должна начинаться с подготовки месторождения к промышленному освоению и продолжаться в течение всего периода его эксплуатации до полной отработки запасов. Основной задачей эксплуатационной разведки на месторождениях апатита является уточнение условий залегания и строения апатитовых залежей, контуров зон выделяемых типов руд, содержания P_2O_5 и других полезных компонентов и вредных примесей, а также горнотехнических и гидрогеологических условий отработки отдельных выделенных эксплуатационных блоков и участков.

Для получения необходимой информации используются все горноподготовительные, нарезные и очистные выработки, буровзрывные скважины и специальные выработки эксплуатационной разведки. В период подготовки месторождения к промышленному освоению основной задачей эксплуатационной разведки являются уточнение и детализация данных детальной разведки на участках первоочередной разработки. Без проведения в этот период эксплуатационной разведки возможны серьезные осложнения в проведении горноподготовительных и очистных работ. Для хибинских месторождений, например, ошибка при установлении контуров апатитовой залежи, особенно положения ее нижнего контакта, может привести к большим затратам времени и средств на проведение излишнего объема подготовительных горных выработок. Залежи на месторождениях Хибинского района имеют большую горизонтальную мощность (до 300—400 м), и если положение нижнего контакта установлено неточно, то откаточные штреки будут пройдены в удалении от рудного тела, что вызовет увеличение длины ортов. На некоторых хибинских месторождениях, переданных в промышленное освоение, именно положение контактов при детальной разведке не было установлено точно. Так, на Юкспорском месторождении при вскрытии его подготовительными горными выработками на двух

горизонтах было установлено резкое несоответствие контуров залежи с контурами, определенными при детальной разведке.

Запасы руды на вскрытых горизонтах оказались на 30—40% меньше подсчитанных. Это привело к необходимости приостановки горноподготовительных работ, постановки большого объема работ по эксплуатационной разведке, уточнению проекта вскрытия и подготовки горизонтов к эксплуатации.

Исходя из имеющегося опыта, рекомендуется следующая последовательность проведения эксплуатационной разведки на месторождениях Хибинского района.

Вначале дается обоснование вскрытия и подготовки очередного горизонта. Для этого, в случае необходимости, проходятся дополнительно к выработкам детальной разведки буровые скважины с таким расчетом, чтобы расстояния между пересечениями контактов залежи на этом горизонте не превышали 200 м по простиранию. Указанные работы проводятся до вскрытия горизонта подготовительными выработками, а результаты их используются при разработке проекта вскрытия.

После проходки подготовительных горных выработок дается оценка каждого эксплуатационного блока по запасам и качеству руды, что необходимо для планирования добычи и усреднения руды при эксплуатации перед подачей ее на обогатительную фабрику. Решение этой задачи обеспечивает сеть выработок 50—70 м по простиранию и 25—35 м по падению залежи.

Если подготовительные горные выработки (орты) и пройденные ранее скважины не обеспечивают указанную плотность пересечений апатитоносной залежи, необходимо из ортов пробурить дополнительные скважины эксплуатационной разведки. Бурение скважин обычно производится станками ГП-1 диаметром 59, 46 и 36 мм, при этом весь керн поступает в пробу. Отбор проб производится секциями по типам руд. В одну пробу отбирается материал не более чем из 5 м проходки скважины.

Для учета и контроля потерь и разубоживания необходимо дать характеристику запасов каждого эксплуатационного блока с точностью, обеспечивающей правильный учет (для хибинских месторождений 7—10%). Решение этой задачи обеспечивает сеть выработок 25—35 м не только по падению, но и по простиранию залежи.

Таким образом, сеть выработок эксплуатационной разведки на хибинских месторождениях, последовательно развиваясь, в конечной стадии доводится до 25—35 м. При необходимости, для изучения деталей строения участка, тектоники, гидрогеологии, газоносности и т. д. проходятся специальные выработки, не укладываемые в принятую сеть.

Проходка эксплуатационных скважин ударно-канатным способом не может быть рекомендована, так как не обеспечивает требуемую точность определения качества руд и, кроме того, не позволяет выделить текстурные типы руд и очертить их, что отрицательно сказывается на регулировании усреднения руды при добыче.

На апатитовых месторождениях других типов, и в частности комплексных, плотность сети выработок эксплуатационной разведки может быть отличной от вышеприведенной и устанавливаться экспериментальными работами. На Ковдорском апатит-железорудном месторождении она, например, принимается 7×7 м.

Документация. Геологическая документация составляется с целью изучения и точного отображения фактически наблюдаемых в процессе поисков и разведки явлений. Документации подлежат все естественные обнажения, поиско-

вые, разведочные и эксплуатационные выработки. Выполняется она в виде зарисовок, иногда фотографий и сопровождается описанием. Документация должна проводиться регулярно, по мере проходки выработок, что позволит систематически анализировать результаты проводимых работ и корректировать их направление. Геологическая документация должна проводиться с помощью легенды, разработанной на основе эталонной коллекции, составленной из детально изученных и описанных образцов пород, руд и минералов.

На стадии поисковых работ необходимо тщательно задокументировать все естественные обнажения, пройденные поисковые выработки, зарисовать и описать площади развития различных типов апатитовых руд и вмещающих пород и обратить особое внимание на характерные, описанные выше признаки, которые могут указать на присутствие в изучаемом разрезе других апатитоносных тел. Особенно тщательно следует описать характер контактов руд и вмещающих пород, а также контактов между различными типами руд с указанием элементов залегания контактов и различных по генезису трещин, тектонических нарушений, даек, жил и т. д.

Документация мелких шурфов проводится по одной из стенок и дну, обычно в масштабе 1 : 50. Целесообразно документацию во всех шурфах проводить по одной и той же стенке (восточной, западной, южной или северной), что позволит собрать более объективную информацию. Зарисовки должны сопровождаться послойным, а при большой мощности слоев поинтервальным описанием.

Для канав составляются зарисовки и описание длинной стенки и дна, а для глубоких шурфов с рассечками — полные развертки ствола с забоем и рассечек. Документация скважин состоит из зарисовок колонки бурового керна и его описания. Кроме того, должен изучаться и описываться шлам, извлекаемый при бурении.

Зарисовки эксплуатационных карьеров производятся по бортам уступов непрерывным прослеживанием геологических элементов, если борта карьера доступны для непосредственных наблюдений. Если борта недоступны для их осмотра, следует составить абрисы по верхней и нижней кромке с последующей их увязкой путем осмотра издалека. Геологическое строение почвы уступов устанавливается на основании документации взрывных скважин. Непрерывные зарисовки могут быть заменены геологическими разрезами, расстояния между которыми должны обеспечивать надежную увязку геологических данных по уступам.

Зарисовки подземных горных выработок, идущих по простиранию апатитоносных залежей, при простом геологическом их строении обычно производятся по забоям и одной стенке. Кровля зарисовывается лишь в тех случаях, когда нужно показать характер изменения апатитизации и мощности рудного тела по простиранию или на участках, затронутых тектоническими нарушениями. Для участков сложного геологического строения зарисовки горных выработок следует производить по забоям, кровле и стенкам. Масштаб зарисовок выбирается с таким расчетом, чтобы они могли обеспечить четкое отражение выделенных на них деталей. Обычно масштаб зарисовок на месторождениях апатита составляет 1 : 50—1 : 100, реже 1 : 25 или 1 : 200. Мелкие, интересные детали следует зарисовывать отдельно в необходимом масштабе.

На зарисовках разведочных и эксплуатационных выработок показываются контуры и строение апатитоносных залежей и вмещающих пород, их размеры, мощность, условия залегания, характер выклинивания, минерально-петрографический состав руд и вмещающих пород, их структурно-текстурные особенности,

тектонические нарушения, трещиноватость и проявления эндогенных и экзогенных процессов изменения руд и вмещающих пород. Кроме того, указываются места отбора проб и образцов.

Описания выработок должны объяснять то, что показано на зарисовках и дополнять их деталями, которые нельзя отразить на зарисовках (название, цвет, плотность и т. д.).

Опробование. Опробование апатитовых руд производится на всех стадиях изучения месторождений. Методика опробования определяется особенностями геологического строения изучаемого месторождения.

К особенностям геологического строения хибинских месторождений относятся: 1) резкий контакт залежей апатитовых руд с вмещающими их породами висячем боку и постепенные переходы апатитовых руд во вмещающие их ийолиты и уртиты в лежащем боку; 2) полосчатое распределение текстурных разновидностей руд согласно с элементами залегания апатитоносных залежей; 3) возможность визуального распознавания основных текстурных разновидностей руд, несмотря на постепенные переходы одной разновидности в другую. Макроскопически хорошо выделяются линзовидно-полосчатые и пятнистые руды, причем каждому типу свойственно характерное для него содержание P_2O_5 .

Эти особенности позволяют выбрать в качестве основного способа отбора проб — метод борозды.

При разведке хибинских месторождений опробование осуществляется в канавах, уступах и по буровым скважинам. Опробование шурфов и штолен занимает незначительное место, поскольку эти выработки при разведке применяются редко.

В канавах борозды располагаются по дну, непрерывно по всей вскрываемой мощности апатитоносной залежи. Длина секции согласовывается с мощностью отдельных типов и разновидностей руд. При большой их мощности длина секции не должна превышать 5 м. Борозды имеют прямоугольное сечение 5×3 и $3 \times 2,5$ см.

По буровым скважинам опробуется kern. В пробу отбирается половина керна, расколотого вдоль оси. Kern опробуется непрерывно, секциями по тому же принципу, что и при опробовании бороздой в канавах, но длина секции принимается 0,5—3 м.

Эксплуатационные подземные горные выработки и штольни, идущие вкост простирания рудных тел, опробуются по стенке выработок вертикальной бороздой треугольного сечения $2,5 \times 2$ см; выработки, идущие по простиранию залежей, опробуются через 15 м. Длина борозды 1,5—2 м в зависимости от высоты горной выработки.

Экспериментальные работы указали на нецелесообразность применяемого иногда опробования по двум стенкам, так как результаты его по одной и двум стенкам выработок практически одинаковы. Этими же исследованиями было установлено, что бороздовые пробы, отбираемые в стенках выработок сразу же после их проходки, дают менее точные результаты, чем пробы, отобранные через длительное время после ее проходки, когда стенки приобретут устойчивое положение. Объясняется это избирательным выкрашиванием апатита из слоя руды, ослабленным взрывом. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при проведении опробования горных выработок.

Достоверность опробования керна в значительной мере зависит от его выхода. Экспериментальными работами было доказано, что при выходе керна не менее 75% опробование его дает полную сходимость с опробованием шлама,

что свидетельствует об отсутствии избирательного истирания зерна. При выходе зерна менее 75% зерновое опробование дает, по сравнению со шламом, заниженные результаты, что объясняется избирательным истиранием прослоев апатита. Расхождения в среднем составляют 19,1 относительных процентов.

Все это обуславливает необходимость при опробовании скважин с выходом зерна менее 75% опробовать также и шлам. Однако опытные работы свидетельствуют о недостоверности опробования скважин только по шламу, что иногда имеет место при эксплуатационной разведке: опробование шлама завышает содержание P_2O_5 более чем на 10 относительных процентов.

Для руды Ошурковского месторождения характерна крупная вкрапленность апатита и относительно выдержанное содержание P_2O_5 . Это определяет возможность опробования бороздой сечением 5×10 см и по керну диаметром не менее 76 мм с выделением секций длиной 5—10 м в средней части рудных тел и сокращением их длины до 1—2 м на контакте с вмещающими породами.

Пробы апатитовых руд обрабатываются по схеме, составленной в соответствии с формулой $Q = Kd^2$. Экспериментальными работами установлено, что величина коэффициента K для руд хибинских месторождений составляет 0,25. На Ошурковском месторождении значение K было принято 0,1. При разведке новых месторождений величину коэффициента K необходимо находить опытным путем.

Высокие требования, предъявляемые к качеству апатитовой руды, обуславливают необходимость систематического ее опробования не только в недрах на рудниках, но и в товарной руде, поступающей на обогатительную фабрику.

Особенности опробования добытой руды определяются требованиями, наиболее важными из которых являются следующие: 1) содержание P_2O_5 в руде не должно отклоняться от заданного на установленную проектом величину: для хибинских месторождений, например, суточное отклонение не должно превышать $\pm 0,5\%$; 2) опробование руды производится не в ее природном залегании, а по вагонеткам при их движении на рудничный двор, при этом пробы отбираются с рудной поверхности вагонетки, что обуславливает возможность ошибок.

Эти особенности определяют и методику отбора проб, которая на хибинских месторождениях сводится к следующему: на контрольнопропускном пункте в каждой десятой вагонетке состава отбирается проба массой в 1 кг. Отбор пробы необходимо производить в трех точках, равномерно расположенных по длинной оси вагонетки. В каждой точке отбирать следует не менее 0,35 кг руды.

Поскольку гранулометрический состав руды неоднороден, а мелкие фракции бывают богаче апатитом, определенная часть пробы должна быть отобрана от мелочи. Количество руды, отобранное от мелочи, зависит от выхода в добытой руде мелких фракций. На хибинских месторождениях выход таких фракций должен составлять одну треть всей добытой руды, вследствие чего в пробу отбирается мелочь в объеме одной трети всего объема пробы. Максимальный размер кусков, отбираемых в пробу, не должен превышать 50 мм.

Отобранные таким образом пробы объединяются в одну групповую пробу. На хибинских месторождениях масса групповой пробы составляет 25 кг, что обуславливает необходимость объединения проб, взятых из 25 вагонеток. Эти пробы частично обрабатываются (дробятся и сокращаются) на месте взятия, а затем направляются для дальнейшей обработки. По результатам такого опробования характеризуется партия руды в одну тысячу тонн.

Группировка проб должна производиться отдельно по каждому эксплуатационному блоку или участку открытых работ.

Целесообразно осуществлять также опробование добытой руды на обогащательной фабрике. На хибинских месторождениях сменные пробы берутся через каждые 2 ч из слива классификатора. Поскольку на фабрике опробуется измельченная и перемешанная руда, это опробование дает более точные результаты по сравнению с опробованием на руднике.

В последние годы ведутся работы по разработке методики определения геофизическими методами содержания P_2O_5 и других компонентов в апатитовых рудах. В 1968—1974 гг. проводились работы на апатит-нефелиновых месторождениях Хибинского района с целью разработки методики ядерно-физического опробования апатит-нефелиновых руд в скважинах. Эта методика позволяет определять содержание P_2O_5 , общего и кислотнорастворимого Al_2O_3 и других компонентов руд, а также мощности рудных интервалов. В основу ее положено наличие корреляционной связи между основными компонентами руд — апатитом и нефелином, и элементами F, Al, K, определенными ядерно-физическими методами. Сопоставление результатов ядерно-физических методов и химического опробования показало, что средние относительные расхождения между содержаниями P_2O_5 по результатам указанных методов составляют 5—6% отн. для руд с содержанием более 6% и достигают 15% отн. для руд с более низким содержанием фосфорного ангидрида.

Погрешности определения общего алюминия составляют 5—6% отн., кислото-растворимого Al_2O_3 — 8% отн., мощности рудных пересечений — 5% отн. Систематические расхождения отсутствовали.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности и целесообразности использования ядерно-физического опробования апатитовых руд хибинских месторождений для определения мощностей рудных тел, P_2O_5 в интервалах его содержания более 6%, общего Al_2O_3 и кислотнорастворимого Al_2O_3 в бедных рудах по скважинам с низким (менее 80%) выходом керна.

Данные ядерно-физических определений целесообразно использовать также для предварительной оценки месторождений на стадии поисково-оценочных работ и предварительной разведки, а также для оценки руд при эксплуатации месторождения.

Возможность применения разработанной методики для опробования апатитовых руд других месторождений, и в частности карбонатитового типа, промышленное значение которых в настоящее время резко возрастает, проведенными работами не доказана. Вследствие этого на новых месторождениях необходимо проведение экспериментальных работ по выбору метода геофизического опробования апатитовых руд.

Анализы и испытания. Независимо от целевого назначения и способа переработки апатитовых руд во всех отобранных пробах необходимо определить содержание P_2O_5 и главных сопутствующих компонентов, перечень которых зависит от вещественного состава руд. В апатит-нефелиновых рудах хибинских месторождений это Al_2O_3 , в сфенсодержащих рудах, кроме того, TiO_2 , в апатит-магнетитовых рудах — Fe_2O_3 и т. д.

Кроме того, по всем пробам должно быть определено содержание вредных примесей, отрицательно влияющих на технологическую переработку руд. Перечень этих компонентов определяется действующими ГОСТами и условиями, а также с учетом способа технологической переработки руды.

С целью установления возможности комплексного использования руд, а также на случай изменения технологии их переработки по типовым или групповым пробам производится силикатный анализ с определением содержания SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , CaO, MgO, R_2O , CO_2 и потерь при прокаливании.

Кроме того, для апатит-нефелиновых и комплексных апатитсодержащих руд по групповым и типовым пробам необходимо произвести полный спектральный анализ. По результатам этого анализа устанавливаются компоненты, которые могут представлять практический интерес. Обычно это SrO , ZrO , TRO_2 , V_2O_5 , F . На указанные и другие компоненты, содержащиеся в повышенных концентрациях, производится химический анализ.

Групповые и типовые пробы должны составляться таким образом, чтобы можно было оценить характер распределения полезных и вредных компонентов как в разрезе апатитовой залежи, так и по площади ее распространения. Обычно для этого вначале составляются объединенные пробы из 3—4 рядовых проб, отобранных из одной скважины и характеризующих интервал развития руд одного типа. Это позволит определить изменение содержания попутных или вредных компонентов в разрезе залежи. Составление объединенных проб для указанной цели следует осуществлять не по всем скважинам, а через одну-две в зависимости от выдержанности содержания изучаемых компонентов. Для характеристики степени изменчивости содержания попутных или вредных компонентов по площади месторождения целесообразно составлять групповые пробы из 2—4 объединенных по скважинам проб. В некоторых случаях, при низких концентрациях полезных или вредных компонентов в руде, целесообразно анализировать мономинеральные пробы и концентраты обогащения, что позволит составить баланс распределения компонентов по минералам и концентратам.

Технологические исследования. Вовлечение в хозяйственный оборот апатитовых руд связано с решением ряда трудных задач по их обогащению. Среди них выделяется своей сложностью задача разделения флотационно тождественных минералов, сочетание которых встречается в апатитовых месторождениях. Так, для комплексных руд Ено-Ковдорского и Слюдянского месторождений, например, где фосфатное вещество представлено фторапатитом, флотационно тождественным ему является доломит и диопсид. Наличие флотационно тождественных минералов снижает эффективность флотационного обогащения апатитовых руд.

Большое значение имеет также крупность зерен апатита и характер их прорастания с вмещающими породами. Для апатит-нефелиновых руд хибинских месторождений характерна, например, относительно крупная вкрапленность апатита, что позволяет вести процесс обогащения при крупном помоле руды. Для крупнозернистой флотации наиболее рационален аэрофлокулярный режим, при котором образование флокул из частиц материала под действием реагента-собирателя и при наличии пузырьков воздуха тесно связано с селективностью процесса.

Разработанная технология позволяет на действующих обогатительных фабриках объединения «Апатит» получать из руд хибинских месторождений апатитовые концентраты с содержанием P_2O_5 выше 39,4% при извлечении апатита 90—97%. Из хвостов апатитовой флотации извлекается нефелин. Нефелиновые концентраты содержат свыше 29% глинозема при его извлечении от 64,4 до 78,2%. Доказана возможность из пенного продукта выделения сфеновых, титаномагнетитовых и эгириновых концентратов, а также фтора.

Для руд Ошурковского месторождения характерна крупная, но неравномерная вкрапленность апатита. Установлено, что размер его зерен неодинаков; достаточно полное раскрытие сростков и выделение апатита в мономинеральные зерна достигается путем измельчения руды до максимальной крупности частиц 0,3—0,5 мм.

Многочисленные исследования показывают, что наилучшие результаты флотации апатита дает применение жирнокислотного собирателя в щелочной среде. В результате флотации получается черновой концентрат с содержанием 23—30% P_2O_5 при извлечении 85—95%.

Сравнительно низкое содержание апатита в руде и концентрате и высокие требования к концентрату, подвергаемому химической переработке, определяют необходимость дальнейшей очистки черного концентрата. В результате 5-кратной перечистки из руды с содержанием 2% P_2O_5 были получены концентраты с содержанием не менее 35% P_2O_5 при извлечении от 78 до 94% в зависимости от состава руды.

Все это свидетельствует о том, что технологические свойства апатитовых руд и схема их обогащения определяются составом руд, их структурой и текстурой. Поэтому, приступая к отбору технологических проб, необходимо хорошо изучить вещественный состав руд, крупность зерен апатита и вмещающих пород, а также характер их прорастания.

Представительность технологической пробы должна оцениваться по всем этим показателям, но с учетом нормативного разубоживания. Представительная проба должна отвечать среднему составу и качеству товарной руды, поступающей на обогатительную фабрику. Чтобы обеспечить бесперебойный ход технологического процесса и не допустить выпуск некачественного концентрата: следует наряду с отбором средней пробы отобрать и испытать пробу худшего, предельно допустимого по кондициям качества.

При наличии на месторождении нескольких типов или разновидностей руд технологические пробы должны отбираться от каждого из них. Весьма важно правильно соблюдать последовательность в отборе технологических проб и проведении их испытаний. На первых стадиях изучения месторождения следует отобрать пробы для лабораторных исследований от каждого выделенного типа и разновидности руд. Пробы эти обычно небольшой массы (5—6 кг) и могут быть отобраны из керна скважин или горных выработок. По этим пробам разрабатывается принципиальная схема обогащения руд, устанавливается возможность обогащения всех проб по одной схеме или необходимость применения для обогащения различных технологических линий. После проведения лабораторных испытаний и с учетом их результатов необходимо отобрать от каждого технологического типа руд (технологический тип руды устанавливается по результатам лабораторных исследований) полупромышленные пробы для разработки промышленной схемы обогащения руды, выбора реагентов и технологического режима. Пробы для испытаний в полупромышленных условиях ввиду их большого объема обычно отбираются валовым способом в горных выработках. Не исключен и отбор полупромышленных проб из буровых скважин большого диаметра, специально пробуренных для этой цели. Масса проб должна быть согласована с организацией, которая будет производить испытания, обычно она колеблется от нескольких до десятков тонн.

Полупромышленные испытания моделируют схему промышленной установки, но имеют перед ней то преимущество, что позволяют вносить в схему определенные коррективы в зависимости от особенностей руды разведываемого месторождения. Вследствие этого при технологических исследованиях руд новых месторождений следует отдавать предпочтение полупромышленным испытаниям, а не промышленным. Промышленные испытания целесообразно производить лишь при условиях намечаемой переработки руды на действующем предприятии или в том случае, если переработка руды разведываемого месторождения будет проводиться на другом предприятии, работающем

по схеме, аналогичной той, по которой работает данная обогатительная фабрика.

При оценке результатов технологических исследований необходимо учитывать возможность воспроизводства разработанной схемы в промышленных условиях, цены и дефицитность применяемых реагентов, использование оборотной воды, а также влияние сброса сточных вод на окружающую среду.

Объемная масса апатитовых руд определяется путем выемки целиков, размеры которых зависят от степени их пористости и трещиноватости. Обычно 1—3 м³ достаточно для надежного определения объемной массы апатитовых руд всех известных месторождений. При выделении на месторождении нескольких типов или разновидностей руд объемную массу необходимо определить для каждого типа и разновидности. При глубоком залегании апатитовых руд массивной текстуры возможно определение объемной массы по образцам, взятым из керна. Целесообразно при этом установить корреляционную зависимость объемной массы от содержания Р₂О₅ и других компонентов в руде. Количество образцов для этого должно быть достаточно большим — не менее 25—30 для каждого типа или разновидности руд.

Одновременно с определением объемной массы следует провести определение влажности руды, входящей в пробу, по которой определялась объемная масса, и в установленную ее величину внести поправку на влажность.

Комплексность изучения месторождений. Большинство месторождений апатита представлены комплексными рудами. Апатит-нефелиновые руды хибинских месторождений кроме апатита содержат нефелин, сфен, титан, эгирин, стронций и другие элементы. В рудах Ено-Ковдорского месторождения содержится железо и т. д. Вследствие этого, при изучении апатитового месторождения необходимо установить все элементы, содержащиеся в рудах, и дать им промышленную оценку. На хибинских месторождениях наиболее актуальна проблема полного извлечения нефелина. Эта актуальность обуславливается ограниченностью запасов бокситов для производства алюминия. Высокие технико-экономические показатели комплексной переработки нефелинового концентрата на глинозем, содопродукты и портландцемент подтверждаются длительной практикой работы Волховского и Пикалевского заводов.

Производство содопродуктов из нефелинового концентрата является новым прогрессивным направлением. Распространенный в настоящее время аммиачный способ производства кальцинированной соды характеризуется высокой материалоемкостью (на 1 т продукции расходуется 27 т поваренной соли и известняка) и большим количеством (8—10 м³) хлоридных отходов, утилизация которых в настоящее время является сложной проблемой. Кроме того, эксплуатационные затраты на производство соды из нефелинового концентрата на 35% ниже, чем на производство ее по аммиачному способу. Если при этом учесть, что кальцинированная сода из нефелиновых концентратов обладает в два раза большей насыпной массой, чем аммиачная сода, то неизбежен вывод о перспективности использования нефелина для производства соды и содопродуктов.

На Волховском алюминиевом заводе из нефелинового концентрата, кроме того, в опытно-промышленном масштабе получены соединения щелочных металлов. В Кольском филиале Академии наук СССР разработана технология переработки сфенового концентрата на титановые пигменты, пригодные в качестве белил, вододисперсионных и масляных красок.

Исследования Института металлургии им. А. А. Байкова Академии наук СССР, Московского института стали и сплавов показывают экономическую

целесообразность металлургической переработки титаномагнетитовых концентратов из апатит-нефелиновых руд с получением железа, титана и ванадия.

В Кольском филиале Академии наук проводятся исследования по подбору на основе эгирина глазури для покрытия керамики. Кроме того, из эгирина можно извлекать другие ценные компоненты.

Все это свидетельствует о том, что апатит-нефелиновые руды хибинских месторождений представляют собой комплексное сырье, содержащее большое количество ценных компонентов. Использование этого сырья значительно повышает экономический потенциал месторождения. В табл. 5 приведен ориен-

Таблица 5

Ориентировочный расчет эффективности комплексной переработки апатит-нефелиновых руд Ньоркпакхского месторождения

Виды продукции				Виды продукции			
	Отпускная цена, руб/т	Себестоимость, руб/т	Прибыль (+), убыток (-) от производства и реализации, млн. руб. в год		Отпускная цена, руб/т	Себестоимость, руб/т	Прибыль (+), убыток (-) от производства и реализации, млн. руб. в год
Апатитовый концентрат	14,80	19,6	-10,2	Глинозем	115	65	+23,8
Нефелиновый концентрат	3,45	4,0	-1,1	Сола	40	38	+0,1
Титаномагнетитовый концентрат	9,0	6,0	+0,3	Поташ	125	82	+0,6
Эгириновый концентрат	4,0	3,0	+0,8	Цемент	14	11	+7,1
Металлы	610	160	+47,3	Титано-кальциевый пигмент из сфенового концентрата	450	300	+4,5
Фтор	18	—	+1,2				

тировочный расчет эффективности комплексной переработки апатит-нефелиновых руд Ньоркпакхского месторождения, из которого видно, что разработка этого месторождения экономически выгодна только при комплексном использовании руд.

Существенное значение для повышения экономической эффективности разработки апатитовых месторождений может иметь промышленное использование пород вскрыши как сырья для производства строительных материалов и прежде всего строительного щебня. Поэтому при проведении разведочных работ необходимо дать оценку и породам вскрыши.

ФОСФОРИТЫ

Фосфориты представляют собой осадочную горную породу, важнейшей составной частью которой являются фосфаты кальция, обычно представленные фтор-карбонат-апатитом или минералами, близкими к нему. Фосфатное вещество фосфоритов чаще всего встречается в виде аморфной разновидности и

в значительно меньшей степени в виде окристаллизованной разности. Кроме фосфатов в фосфоритах присутствуют кварц, халцедон, кальцит, доломит, глауконит и другие минералы, а также органическое вещество.

Окраска фосфоритов различна: желтоватая с коричневым оттенком, бурая с зеленоватым оттенком, серая — от светлых до темных тонов. Цвет фосфоритов в основном зависит от примесей, содержащихся в них: органическое вещество придает фосфоритам темный цвет, железо окисное — бурый тон, железо закисное — зеленоватый оттенок и т. д.

Удельная масса фосфоритов колеблется от 2,8 до 3,0 г/см³. Твердость по шкале Мооса изменяется от 2 до 4.

Содержание фосфата в фосфоритах различно, что обусловлено разнообразием условий накопления фосфора в осадочных породах. В богатых фосфором фосфоритах фосфатное вещество цементирует фосфатные зерна. В бедных фосфоритах фосфатное вещество цементирует зерна кварца, алюмосиликата, пирита и пр. Часто в фосфоритах встречаются остатки организмов: радиолярии, диатомеи, иглы морских губок, раковины моллюсков, фосфатизированные копролиты и др.

В зависимости от условий образования входящих в состав фосфоритов минералов все они подразделяются А. И. Шерешевским (1959) на три группы: 1) терригенные, отвечающие обычно минеральному составу той среды, в которой образовались фосфориты; это преимущественно кварц, полевые шпаты и др.; 2) аутигенные, связанные с обстановкой, близкой к той, в которой шло образование фосфата. Это глауконит, халцедон и карбонаты, причем карбонат, встречающийся в фосфоритах, в большинстве случаев представлен кальцитом, однако в наиболее древних фосфоритах (докембрий, палеозой) значительное место занимает доломит; 3) минералы, связанные с процессами последующих превращений фосфоритов, уже сформированных в породу и подвергнутых более поздним изменениям в стадии эпигенеза (бурые окислы железа, гипс, вторичный кальцит и другие) или метаморфизма (апатит за счет перекристаллизации фосфата, диопсид, тремолит, хлориты, тальк, скаполит, флюорит и др.).

Характер фосфата, его структурные соотношения с другими минералами в месторождениях разных типов неодинаковы. Неоднородность фосфоритов обуславливает и их качество как сырья для производства минеральных удобрений, а также способ переработки фосфоритных руд.

Микрозернистые фосфориты состоят из фосфатных зерен (микроконкреций) или оолитов, сцементированных фосфатно-карбонатным или фосфатно-кремнистым цементом (месторождения Каратауского бассейна). Реже фосфориты этого типа имеют афанитовое строение и характеризуются тонким прорастанием фосфата с кремнеземом или карбонатом (Каратауские месторождения, Белкинское). Содержание P_2O_5 в фосфоритах Каратауского бассейна составляет 15—30%, Белкинское месторождения 9—12%. Фосфатное вещество микрозернистых фосфоритов, слабо растворимое в лимонной кислоте, плохо усваивается растениями, вследствие чего их необходимо подвергать химической или термической переработке для получения легкорастворимых минеральных удобрений.

Получение высококачественного концентрата из фосфоритов иногда затрудняется повышенной карбонатностью, содержанием в них магнезия, халцедона в виде мельчайших примесей, плохо отделяющихся от фосфата даже при весьма тонком измельчении и флотации. Одним из методов переработки микрозернистых фосфоритов является электротермический с получением возгонкой желтого фосфора.

Желваковые фосфориты (месторождения Егорьевское, Вятско-Камское, Полпинское и др.) представляют собой конкреционные стяжения фосфоритов, рассеянные или сгруженные в песчано-глинистых породах. Эти стяжения иногда плотно сцементированы с вмещающей породой (фосфоритная плита). Содержание P_2O_5 в желваках фосфоритов 15—26%, а вместе с вмещающей их породой составляет 6—10%, повышаясь в некоторых месторождениях до 15—16%. Фосфат обычно на 30—40 относительных процентов находится в лимоннорастворимой форме, что обуславливает хорошую усвояемость фосфатного вещества растениями и позволяет использовать желваковые фосфориты для внесения в кислые, подзолистые и некоторые другие почвы в виде тонкоизмельченной фосфоритной муки. Однако из-за сравнительно низкой растворимости этот вид удобрений малоэффективен. В настоящее время ведутся работы по использованию желваковых фосфоритов для производства концентрированных растворимых удобрений.

В большинстве месторождений фосфоритов этого типа наибольшее количество P_2O_5 связано с фракциями руды крупностью более 0,5—1 мм. Это способствует легкому обогащению их путем сухого или мокрого грохочения с получением концентрата, содержащего от 15—18 до 24—26% P_2O_5 .

Ракушечные фосфориты представляют собой скопление фосфатных ракушек, заключенных в песке или песчанике (месторождения фосфоритов Прибалтики). Содержание P_2O_5 в них колеблется от 3—5 до 12%. При обогащении методом флотации получается концентрат, содержащий до 28—32% P_2O_5 .

Фосфориты коры выветривания фосфатсодержащих пород (Ашинское, Телекское, Белкинское месторождения) представляют собой рыхлую породу весьма различного гранулометрического состава, нередко, заключающую каменные разности фосфоритов. Качество остаточного инфильтрационных фосфоритов изменчиво. Среднее содержание P_2O_5 по отдельным залежам колеблется от 11 до 22%.

При региональном метаморфизме микрозернистых фосфоритов геосинклинального типа образуются метаморфические фосфориты (Слюдянское, Селигдарское месторождения), на которых фосфат нацело перекристаллизован в сравнительно крупнозернистый фторapatит, а вмещающие карбонаты — в мраморы и кварц-диопсидовые породы. Содержание P_2O_5 в рудах этого типа изменчиво — от 3—5 до 8—14%.

Метаморфизованные фосфориты образовались в результате контактового метаморфизма микрозернистых фосфоритов геосинклинального типа (отдельные участки месторождений Чулактау, Тешик-Тас и др.) и по своему характеру близки к ним. Содержание P_2O_5 в метаморфизованных фосфоритах не имеет существенных различий с неметаморфизованными, но они более трудно обогатимы.

Качество фосфоритов определяется не только содержанием P_2O_5 . Оно во многом зависит от структурных и текстурных особенностей руд, их физического состояния, содержания и распределения в них вредных примесей, минеральной природы фосфата, оказывающих влияние на обогатимость и переработку руд.

Генетические и промышленные типы месторождений фосфоритов. Многообразие литологических типов фосфоритов и различия в геологической обстановке нахождения свидетельствуют о различных условиях их образования. Процесс образования фосфоритов является многообразным и зависит от многих причин, вследствие чего существуют различные теории, не являющиеся обще-

принятыми. Это затрудняет разработку генетической классификации месторождений фосфоритов.

Наиболее полной является классификация Б. М. Гиммельфарба (1965). Она охватывает основные, наиболее типичные месторождения фосфоритов как Советского Союза, так и зарубежные. На основе фактов, полученных в последние годы рядом исследователей (Н. А. Красильникова, 1966 г., В. Г. Сагунов, 1971 г., Г. И. Шубаков, В. М. Головков, М. Н. Карпова, 1973 г.), в предложенную Б. М. Гиммельфарбом классификацию вносятся соответствующие коррективы или предлагаются новые классификации, однако все они, уточняя и дополняя, принципиально не меняют ее.

Все месторождения фосфоритов по условиям их образования разделяются на два типа: экзогенные и метаморфогенные. Экзогенные месторождения всеми исследователями по фациальной обстановке фосфообразования подразделяются на два подтипа: морские и континентальные, а метаморфогенные на метаморфизованные и метаморфические.

Морские месторождения фосфоритов по генезису фосфатных образований в свою очередь делятся на три генетических группы: хемогенные, биохемогенные и переотложенные.

В группу морских хемогенных месторождений фосфоритов входят месторождения, фосфориты которых сформировались путем химического выпадения из фосфатсодержащих растворов при определенных физико-химических и гидродинамических условиях и локализующиеся среди геосинклинальных (мио- и эвгеосинклинальных) платформенных формаций и формаций краевого прогиба. Концентрация фосфатного вещества обусловлена процессами седиментации и диагенеза. Фосфориты по преобладающей структуре фосфатного материала разделяются на желваковые (конкреционные), зернистые (оолитово-зернистые) и массивные (афанитовые). По вещественному составу фосфориты подразделяются на карбонатные, карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные, кремнистые и глауконит-кварцевые (песчаные). К этой группе принадлежат основные месторождения Каратауского бассейна, Актюбинского Приуралья, Горной Шории, Русской платформы и др.

Одним из крупнейших в Каратауском бассейне является месторождение Джаны-Тас. В его геологическом строении принимают участие различные сланцы с прослоями алевролитов и известняков каройской серии, тектонически контактирующие в виде узкой полосы (300—350 м) с надвинутой на них с юго-запада мощной толщей доломитов и доломитизированных известняков шабартинской свиты. С северо-востока на каройские алевролитовые сланцы налегает горизонт «нижних доломитов» чулактауской свиты.

Фосфоритная серия прослеживается в виде узкой полосы (70 м) на протяжении всего месторождения — 230 м. Месторождение разделяется на четыре участка: Беркуты, Тогузбай, Центральный и Шопкабулак. По простиранию каждый из них вытянут на 6—7 км.

По литологическим особенностям породы фосфоритонесущей толщи разделяются на четыре пачки (рис. 10). В основании толщи залегает кремневая пачка мощностью от 15 до 25 м. Представлена она черными, коричневатосерыми и дымчато-серыми кремнями. Содержание P_2O_5 в пачке в среднем составляет 1%, но иногда достигает 10%. Содержание кремнезема колеблется от 81,4 до 93,6%. Кремни этой пачки используются в качестве шихты при производстве элементарного фосфора и фосфорных солей. Кремнистую пачку согласно перекрывает нижняя фосфоритовая пачка. Мощность пачки колеблется от 3 до 20 м и в среднем равна 7,5 м. Содержание P_2O_5 изменяется от 24,6% на Центральном

участке до 25,3% на участках Беркуты и Тогузбай. На отдельных участках содержание P_2O_5 в высококачественных фосфоритах достигает 32,4—35,7%, в кремнистых и карбонатных рудах снижается до 29,0—16,8%.

Фосфориты нижней пачки кверху постепенно, через более бедные разновидности кремнистых и карбонатных фосфоритов переходят в фосфатно-кремнистые сланцы, выделяемые в самостоятельную пачку. Пачка эта не выдержана по мощности и простиранию, а на участке Беркуты отсутствует. Мощность ее в юго-восточной части участка Тогузбай равна 1,5 м, на Центральном участке достигает 20 м. Содержание P_2O_5 в среднем составляет 10—11%.

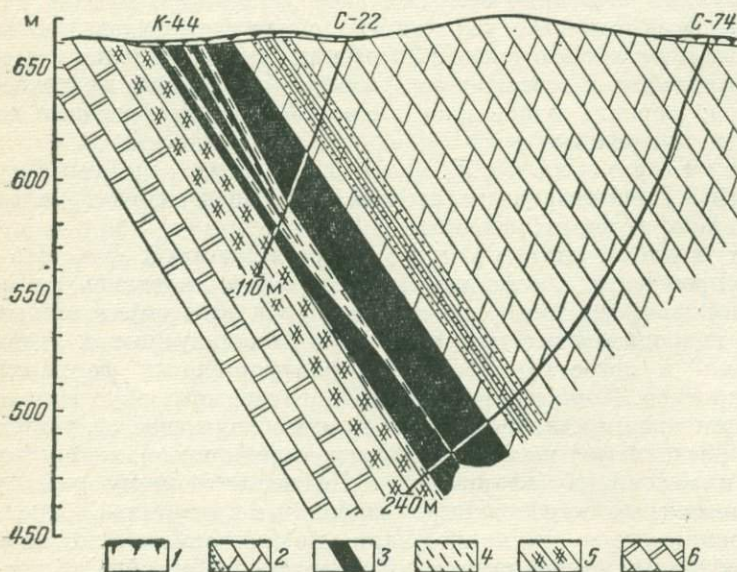


Рис. 10. Геологический разрез месторождения Джаны-Тас (по А. Ф. Ковалеву):

1 — четвертичные отложения; 2 — доломиты брекчированные; 3 — фосфориты; 4 — фосфатно-кремнистые сланцы; 5 — кремни фосфористые; 6 — доломиты фосфористые

Верхняя фосфоритовая пачка, представленная преимущественно высококачественными фосфоритами, согласно залегает на фосфатно-кремнистых сланцах нижележащей пачки. Фосфоритовые руды верхней пачки делятся на карбонатные, кремнистые и пелитоморфно-кремнистые. Мощность их по простиранию и падению колеблется от 10 до 40 м, среднее содержание P_2O_5 — 25,2%.

Над фосфоритовой серией залегает шабактинская свита доломитов и доломитизированных известняков с прослоями кварцевых песчаников и песчаных доломитов.

Руды месторождения пригодны для производства элементарного фосфора и фосфорных солей без предварительного обогащения, а высококачественные руды — для производства суперфосфата.

На месторождении Аксай (рис. 11) в основании фосфоритоносной толщи также залегает кремневая пачка, представленная массивными и тонкоплитчатыми разновидностями фосфоритосодержащих кремней. В верхних пачках встречаются линзы и прослои кремнистых фосфоритов. Мощность пачки колеблется от 2 до 6 м, содержание P_2O_5 — от 1,3 до 10,2%, при среднем 4,8%.

Выше кремневой пачки залегает фосфатно-кремневая пачка, характеризующаяся неоднородностью и невыдержанностью литологического и химического состава: прослои кремнистых и карбонатных фосфоритов чередуются с фосфоритосодержащими кремнями и кремнисто-фосфористыми доломитами. Мощность

пачки варьирует от 0,5 до 8 м. Содержание фосфорного ангидрида изменяется от 10 до 25%.

Нижняя карбонатно-фосфатная пачка сложена массивными светло- и темно-серыми карбонатными фосфоритами. Прослеживается она по всему месторождению. Мощность ее колеблется от 3 до 10 м, содержание P_2O_5 колеблется от 25,7 до 30%.

Вмещающая кремнисто-карбонатно-фосфатная пачка сложена плитчатыми темно-серыми и коричневато-серыми фосфоритами, состоящими из фосфатных зерен и оолитов, сцементированных фосфатно-кремнисто-карбонатным цементом. Мощность пачки изменяется от 3 до 12 м, содержание P_2O_5 от 23 до 29%.

Верхняя карбонатно-фосфатная пачка сложена массивными карбонатными фосфоритами коричневато-серой окраски с включением линз и прослоев фосфористых доломитов и фосфоритовых конгломератов. Мощность пачки колеблется от 1,5 до 6 м и в среднем равна 3,5 м. Содержание P_2O_5 изменяется от 17 до 25%.

Практически все последние четыре пачки, несмотря на некоторые литологические отличия, представляют собой один продуктивный горизонт. Месторождение тектонически нарушено. Тектоническими нарушениями обусловлено наличие участков сдвоения продуктивного горизонта или его разрыва.

Характерными представителями морских хемогенных месторождений платформенного типа являются Вятско-Камское и Егорьевское на Русской платформе, а также Чилисайское в Казахстане.

Вятско-Камское месторождение находится в Кировской области и представляет собой пластообразную залежь фосфоритов площадью более 2,3 тыс. км², расчлененную древней и современной речной сетью на отдельные участки. В геологическом строении месторождения принимают участие верхнеюрские, нижнемеловые и четвертичные отложения. Фосфоритовая залежь приурочена к породам валанжинского яруса нижнего мела и подстилается толщей (до 35 м) известковых глин, в нижней части с прослоями кварц-глауконитовых песков и песчаников, которые иногда сменяются глинистыми

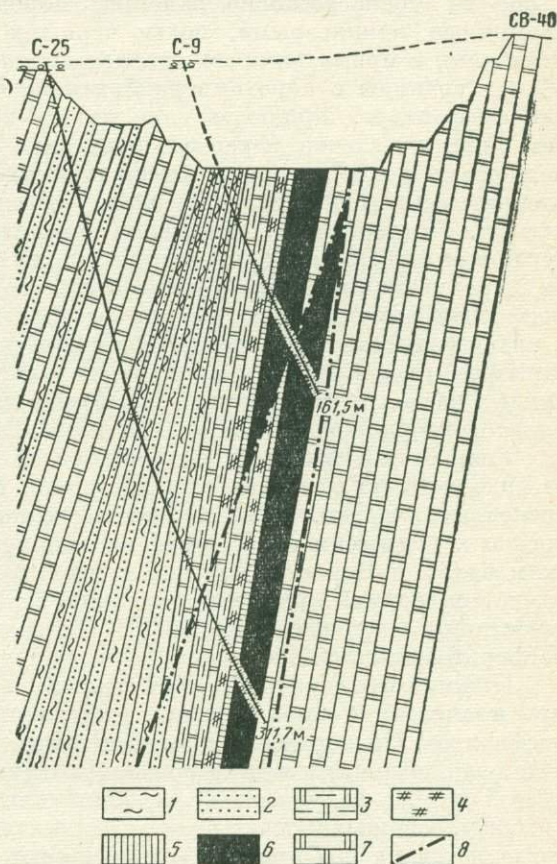


Рис. 11. Геологический разрез месторождения Аксай:

1 — глинистые сланцы; 2 — песчаник; 3 — доломиты; 4 — кремни; 5 — фосфатно-кремнистые сланцы; 6 — фосфориты; 7 — известняки доломитизированные; 8 — тектонические нарушения

битуминозными сланцами. В верхней части залежей расположен прослой известняка. Выше этих пород залегают фосфоритоносные отложения валанжинского яруса, разделенные на два подъяруса. Нижний подъярус сложен зелеными, темно-зелеными кварц-глауконитовыми, мелкозернистыми глинистыми песками с прослоями мергеля. В нижней части залегает продуктивный пласт, сложенный желваками фосфоритов. Средний подъярус представлен серыми, зеленовато-серыми кварц-глауконитовыми песками с прослоями темных глин с включениями желваков фосфоритов. Верхний валанжин не установлен.

Мощность валанжинских отложений изменяется от 0,5 до 3,5 м и более. Выше их трансгрессивно залегают породы верхнеготеривского подъяруса, сложенные темно-серыми, почти черными глинами, в нижней части тонкослойными с примазками по плоскостям наложения алеврита. В нижней части вблизи границы с породами валанжинского яруса встречается галька и гравий фосфоритов. Мощность глин до 18—20 м. Вверху описанные отложения без видимых следов перерыва переходят в образования барремского яруса мощностью до 65 м, представленные серыми, темно-серыми, жирными, часто алевритовыми глинами, плотными, безызвестковистыми, местами тонкослойными. Четвертичные отложения представлены элювиально-делювиальными суглинками и торфяниками мощностью до 4—5 м.

Продуктивный пласт Вятско-Камского месторождения сложен желваками фосфорита разнообразной формы, размерами от долей до 20 см, заключенных в кварц-глауконитовом песке. В нижней части желваки местами сцементированы фосфатом в плиту мощностью до 0,2 м. Состав и мощность пласта в различных частях месторождения несколько изменяются. Содержание P_2O_5 в фосфоритовой руде колеблется от 9,95 до 14,0%.

Егорьевское месторождение находится в Московской области в 80—90 км от Москвы. Оно занимает площадь около 1 тыс. км² и разделяется на многочисленные участки. В тектоническом отношении район месторождения приурочен к депрессии на Русской платформе, заключенной между Окско-Цнинским валом и Воронежской антеклизой. Район сложен осадочными породами средней и верхней юры и нижнего мела, залегающими на размытой поверхности известняков карбона (рис. 12). В составе этих отложений выделяются два фосфоритовых слоя.

Нижний фосфоритовый слой относится к нижневожскому ярусу верхней юры и залегает на слабо размытых кимериджских глинах с редкими конкрециями фосфоритов. Он образован плотно сгруженными желваками глинистого фосфорита, заключенными в глауконитовом глинистом песке или глауконит-песчанистой глине; на участках с глубоким залеганием слои желваков сливаются в плиту, сцементированную фосфатно-кальцитовым цементом. Иногда слой разделяется на два прослоя, разобценных тонким прослоем глины. Желваки этого слоя неоднородны: наблюдаются пиритизированные, сильно окатанные и слабо окатанные. Желваки первого типа содержат фауну кимериджского возраста и являются перемытыми и переотложенными; желваки второго типа относятся к первичным. Средняя мощность слоя 0,26 м, среднее содержание P_2O_5 изменяется от 7,6 до 14% на отдельных участках.

Нижний фосфоритовый слой отделен от верхнего верхневожскими глауконитовыми песками с редкими желваками фосфоритов, мощность которых колеблется от 0,8 до 7,0 м. В верхней части слой переходит в фосфоритную плиту, которая, как правило, в краевых частях цементирована.

Верхний фосфоритовый слой относится к валанжинскому ярусу нижнего мела и залегает непосредственно на верхневожских песках. Слой представлен

песчанистой оолитовой глиной, содержащей мелкие железистые желваки фосфоритов, в глубоких частях сцементированных в плотную плиту. Средняя мощность слоя 1,17 м, содержание P_2O_5 — 10,4—16,0%.

Фосфоритоносные отложения перекрыты белыми кварцевыми песками неокома и песчаными четвертичными отложениями, общая мощность которых составляет на значительных площадях 2—3 м, но местами достигает 27 м.

В группу морских биохемогенных месторождений фосфоритов входят месторождения, образовавшиеся в результате накопления и фосфоритизации органических остатков животных (моллюсков, губок, реп-

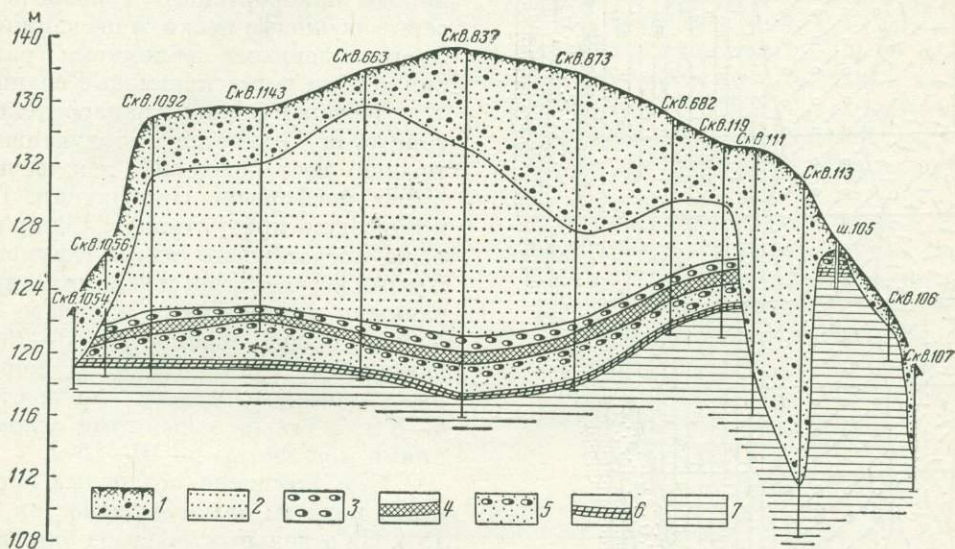


Рис. 12. Геологический разрез Егорьевского месторождения фосфоритов:

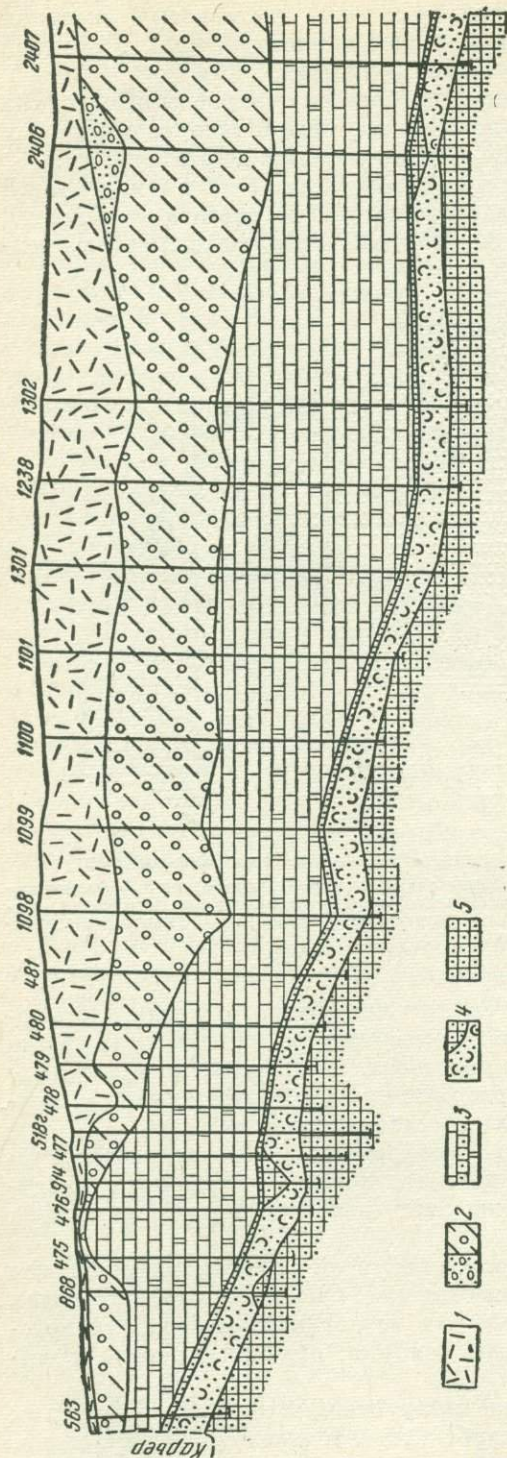
1 — пески, супеси, глины, суглинки; 2 — пески кварцевые слоистые, мелкозернистые; 3 — фосфоритовые желваки; 4 — фосфоритная плита; 5 — песок глауконитовый с редкими желваками фосфоритов; 6 — фосфоритовые желваки глинистого типа, плотные в песчано-глауконитовой глине; 7 — глина черная, плотная, слоистая

тилий, рыб и т. д.). Месторождения этой группы локализуются среди платформенных и миогеосинклинальных формаций. Концентрация фосфатного вещества обусловлена процессами седиментации и диагенеза. Фосфориты по преобладающей структуре фосфатного материала разделяются на ракушечниковые, зернисто-ракушечниковые и фосфатизированные остатки животных.

К этой группе относятся ордовикские фосфоритовые месторождения Русской и Сибирской платформ, детритусовые известковистые фосфориты Тастыкольского, Заозерного и других месторождений, «рыбная» свита Мангышлака и пр.

Характерным представителем месторождений этой группы, находящимся в промышленном освоении, является Кингисеппское. Оно находится в пределах Прибалтийского фосфоритоносного бассейна, в геологическом строении которого принимают участие осадочные породы кембрия, ордовика, девона и четвертичные отложения (рис. 13).

Фосфоритоносная продуктивная толща приурочена к контакту кварцевых песчаников среднего кембрия и песчано-карбонатной толщи нижнего ордовика.



Подстилающими фосфоритовый пласт породами являются светлоокрашенные тонкозернистые крепкоцементированные кварцевые песчаники тискреского горизонта мощностью 6—12 м.

На породах тискреского горизонта со стратиграфическим несогласием залегают нижеордовикские породы пакерортского горизонта — серые оболочные пески и песчаники с многочисленными обломками раковин оболид и диктионемовые сланцы.

Песчаная фракция пакерортского горизонта является продуктивной толщей месторождений ракушечниковых фосфоритов Прибалтики. Покрывающие продуктивную толщу породы представлены кварц-глауконитовыми песчаниками и доломитизированными известняками нижнего ордовика общей мощностью 3—25 м, глинистыми доломитами и мергелями среднего девона мощностью 4—8 м, а также моренными отложениями мощностью до 10—15 м.

Весь комплекс осадочных пород имеет падение на юго-юго-восток (до 15°). На отдельных участках бассейна зафиксированы проявления гляциотектоники.

На Кингисеппском месторождении фосфоритовый пласт сложен кварцевыми песками от крупно- до мелкозернистых, в которых закономерно, в виде небольших линз и пропластков развиты железисто-доломит-кварцевые песчаники плотного и конкреционного строения. В общей массе песков неравномерно рассеяны обломки, реже целые створки фос-

Рис. 13. Геологический разрез Кингисеппского месторождения фосфоритов:

1 — торф; 2 — пески, суглинки верхнечетвертичные; 3 — известняки, доломиты и глауконитовые песчаники нижнего ордовика; 4 — фосфоритоносные пески пакерортского горизонта нижнего ордовика; 5 — песчаники и пески кварцевые с прослоями алевролитов и глин тискреского горизонта среднего кембрия

фатизированных раковин *Obolus*, степень насыщенности которыми определяет содержание P_2O_5 в породе.

Стратиграфически фосфоритовый горизонт делится на два подгоризонта: ладожский и тосненский. К первому относятся мелко- и среднезернистые пески, ко второму — разномзернистые.

Пески ладожского подгоризонта характеризуются в основном сравнительно низкими содержаниями P_2O_5 (4,0—5,5%) и MgO (0,4—0,5%), а пески тосненского — более высокими содержаниями P_2O_5 (7—12%) и MgO (0,5—1,0%). Мощность мелко- и среднезернистых песков выдержана и колеблется от 0,5 до 1,9 м, мощность разномзернистых песков более изменчива — от 0,15 до 2,8 м. Средняя мощность фосфоритового пласта в целом изменяется от 2,5 до 3,0 м. Вещественный состав продуктивной толщи не отличается сложностью и может быть охарактеризован как существенно кварцевый (85—90% SiO_2) с примесями фосфатных раковин оболид (до 10%), карбонатов, глинистых веществ, глаукопита и полевых шпатов (в сумме до 10%). Фосфат раковин относится к группе франколита.

В группу морских переотложенных месторождений и фосфоритов входят месторождения, образовавшиеся путем механической переработки фосфоритов различного происхождения. Месторождения этой группы локализируются среди миегосинклиальной, эвгеосинклиальной и платформенной формаций. Концентрация фосфатного вещества обусловлена процессами механического накопления его. Фосфориты по преобладающей структуре фосфатного материала разделяются на фосфоритовый конгломерат, брекчии, галечник и песчаник. К этой группе относится ряд месторождений Русской платформы (основание фосфоритовой толщи Вятско-Камского, Чуфьровского и других месторождений), нижний горизонт месторождений Актюбинского Приуралья, прослой в ряде месторождений Малого Каратау, месторождения Горной Шории, Западного Забайкалья, Сибирской платформы. Самостоятельного промышленного значения месторождения этой группы пока не имеют: однако в ближайшей перспективе значение их может резко повыситься. Особый интерес вызывают месторождения Удско-Селемджинского бассейна.

Удско-Селемджинский (или Удско-Шантарский) фосфоритоносный бассейн расположен на севере Хабаровского края в горно-таежной сильно расчлененной местности. Фосфоритоносные кембрийские отложения прослежены по правобережью р. Уды в северо-восточном направлении на 300—350 км при ширине от 20 до 60 км.

Фосфориты представлены преимущественно седиментационными брекчиями. Наиболее широко распространены их кремнистые разновидности, состоящие в основном из обломков фосфорита и кварца. Фосфориты слагают пластообразные, часто не имеющие четких контактов крутопадающие залежи весьма изменчивой по простиранию и падению мощности (от десятков сантиметров до сотен метров). Протяженность залежей различна: от десятков метров до 4,5 км; по падению они прослеживаются на первые сотни метров. Содержание P_2O_5 в отдельных пробах колеблется от 5 до 32%, а в среднем по залежам составляет 6—20%. Содержание вредных примесей полуторных окислов Fe и Al, а также MgO весьма незначительно (0,9—2,71 и сл. — 0,25% соответственно).

В бассейне выявлено несколько месторождений и десятки фосфатопроявлений. Проведенными технологическими исследованиями установлена возможность обогащения фосфатного сырья бассейна с получением концентратов, содержащих 25—30% P_2O_5 , и высокая эффективность экстракционной переработки концентратов.

Континентальные месторождения фосфоритов, как и морские, по генезису фосфатных образований разделяются на три группы: хемогенные, биохемогенные и переотложенные.

В группу континентальных хемогенных месторождений фосфоритов входят месторождения, образование которых связано с выветриванием фосфорсодержащих пород различного возраста и образованием коры выветривания, а также путем химического выпадения из озерных вод. Месторождения этой группы связаны с формацией коры выветривания и песчано-глинистой формацией пресных озер. Концентрация фосфатного вещества обусловлена процессами выщелачивания, метасоматоза и химического осаждения из растворов для месторождений коры выветривания и процессами седиментации и диагенеза — для озерных месторождений. Фосфориты по преобладающей структуре фосфатного материала разделяются на целитоморфные, оолитовые и натечные — для месторождений коры выветривания, на конкреционные и афанитовые — для озерных месторождений.

К этой группе относятся фосфориты Ашинского месторождения, некоторые разности фосфоритов Горной Шории и Прибайкалья, все месторождения коры выветривания юга Сибири, так называемые фосфориты Малого Каратау, Антоново-Липовское месторождение, а также отложения озер Забайкалья, Алтыно-Кыринской депрессии и др.

На Белкинском месторождении, находящемся в юго-западной части Горно-Шорского массива, вторичные фосфориты приурочены к древней коре выветривания фосфоритоносных карбонатных пород. Локализуются они в понижениях поверхности карбонатных пород енисейской свиты и представлены песчано-глинистым материалом с обломками каменистых фосфоритовых руд. Фосфатное вещество содержится в глинистом материале, находясь в тонком сростании с ним, и в песчаных фракциях в виде мелких обломков. Среди фосфоритов выделяются рыхлые, опаловидные, брекчиевые, песчанистые, натечные и пористые разности. Характеризуются они повышенным содержанием кремния и полуторных окислов.

Содержание P_2O_5 изменяется от 10 до 30% и в среднем по участкам составляет 21—25%. Руды характеризуются повышенным содержанием лимоннорастворимой пятиокиси фосфора, что определяет возможность использования их без обогащения для производства фосфоритной муки. Обогащаются они трудно и полученные концентраты отличаются невысоким качеством (33—35%) при весьма низком извлечении пятиокиси фосфора в концентрат (20—24%).

Фосфориты коры выветривания на Белкинском месторождении залегают в виде тел сложной формы мощностью от 0,5 до 30 м и более.

В группу континентальных биохемогенных месторождений фосфоритов входят месторождения, образовавшиеся за счет скопления экскрементов птиц (гуано) и костей животных в аллювии рек. Месторождения этого типа связаны с платформенной формацией. К этой группе относятся фосфориты Сев. Двины, Б. Сыни, Чу, Или и других рек.

Промышленного значения такие месторождения в нашей стране не имеют.

В группу континентальных переотложенных месторождений фосфоритов входят месторождения, связанные с прибрежно-озерными и речными аллювиальными образованиями в руслах древних и современных рек с прибрежными частями озерных котловин. Фосфатная минерализация представлена фосфоритовыми галечниками и конгломератами, сгустками аморфного фосфата в составе галек радиоляритов, зернами терригенного апатита в песчаниках и конгломератах. Фосфориты этой группы известны в рус-

лах р. Эмбы и в Башкирском Приуралье. Промышленного значения они не имеют.

Метаморфогенные месторождения фосфоритов по генезису фосфатных образований делятся на два подтипа: метаморфизованные и метаморфические.

Метаморфизованные месторождения фосфоритов образуются путем перекристаллизации фосфорсодержащих пород и фосфоритов вблизи магматических очагов. Метаморфизованные разности фосфатных пород характерны чаще всего для геосинклинальных зон кремнисто-карбонатной формации.

К этому подтипу относятся фосфориты месторождения Чулактау, Тешиктас в Малом Каратау и др. Самостоятельного практического значения они не имеют.

Метаморфические месторождения фосфоритов образуются за счет диагенеза фосфорсодержащих пород различного состава при региональном или контактовом метаморфизме. Встречаются они чаще всего в геосинклинальных зонах среди эффузивно-терригенных формаций. К этому подтипу относятся апатитоносные кварц-диопсидовые породы Прибайкалья. Промышленного значения месторождения этого подтипа в СССР не имеют.

В зависимости от условий образования, морфологии тел полезного ископаемого, структурно-текстурных особенностей, все промышленные месторождения фосфоритов Советского Союза подразделяются на три геолого-промышленных типа:

1. Месторождения желваковых и ракушечниковых фосфоритов, представленные горизонтально или полого падающими пластами, выдержанные по мощности и устойчивые по качеству руд. К этому типу относятся большая часть месторождений желваковых фосфоритов Русской платформы (Егорьевское, Полпинское, Вятско-Камское и др.), Северного Казахстана (Чилисайское, Богдановское и др.), а также месторождения ракушечниковых фосфоритов Прибалтики (Кингисеппское, Тоолсе, Азери, Маарду). Промышленное значение месторождений этого типа достаточно велико, однако трудность переработки фосфоритов на концентрированные удобрения несколько снижает их промышленный потенциал.

2. Месторождения пластовых массивных, зернистых и микрозернистых фосфоритов, представленных крутопадающими пластами, пластообразными и крупными линзообразными залежами, относительно устойчивыми по мощности и качеству руд. К этому типу относятся месторождения массивных фосфоритов бассейна Каратау, Окино-Хубсугульского фосфоритоносного бассейна и др. Месторождения этого типа в настоящее время имеют основное промышленное значение. С вводом в промышленное освоение новых месторождений, находящихся в сложных экономических и транспортных условиях, промышленный потенциал месторождений данного типа еще более возрастет.

3. Месторождения остаточных фосфоритов и фосфоритов других генетических типов, представленные сложными по форме залежами изменчивой мощности с невыдержанным качеством руд. К этому типу относятся Телекское, Сейбинское и другие месторождения. Промышленное значение месторождений этого типа в настоящее время небольшое, однако острый дефицит фосфатного сырья приводит к необходимости вовлечения месторождений данного типа в промышленное освоение в районах, в которых отсутствуют месторождения других промышленных типов.

Поисковые работы. Выбор площадей для постановки поисковых работ на фосфориты производится исходя из установленных закономерностей распределения месторождений фосфоритов в земной коре.

Анализ имеющихся материалов свидетельствует о том, что наиболее крупные скопления промышленных фосфоритовых руд приурочены к кембрию (месторождения бассейна Каратау), ордовика (ракушечниковые фосфориты Ленинградской области и Эстонской ССР), верхней юре — нижнему мелу (Вятско-Камское, Егорьевское и др.) и верхнему мелу (Северо-Западный Казахстан, южная часть Русской платформы). За рубежом крупные месторождения фосфоритов приурочены также к палеогеновым и неогеновым отложениям (Флорида в США, Марокко, Западная Сахара, Тунис, Алжир).

Платформенные фосфориты залегают в терригенных отложениях, представленных песками, алевролитами или глинами, а геосинклинальные — в химических осадках, сложенных известняками, доломитизированными известняками или кремнистыми сланцами. Платформенные фосфориты нередко парагенетически связаны с бурыми железняками, марганцевыми и другими рудами.

Отмечается приуроченность фосфоритов к областям шельфа.

Благоприятными для нахождения месторождений фосфоритов являются площади широкого развития в осадочных породах глауконита, ванадиевых и марганцевых минералов. Для желваковых фосфоритов платформенного типа характерно повышенное содержание глауконита. Обычно он составляет породы, вмещающие фосфоритовые желваки, или входит в состав желваков. В платформенных зернисто-ракушечниковых фосфоритах содержание глауконита низкое. В геосинклинальных месторождениях глауконит, как правило, отсутствует или примесь его невелика. В месторождениях этого типа отмечается повышенное содержание ванадиевых и марганцевых минералов, иногда образующих промышленные скопления.

Масштаб фосфатонакопления в значительной мере характеризует структурно-тектоническое положение месторождения. В геосинклинальных структурах залежи с большими запасами качественных фосфоритов располагаются на крыльях крупных антиклинорий. На древних платформах фосфоритовые залежи приурочены к окраинным частям крупных синеклиз и занимают обширные площади, но залежи маломощные. Краевые участки молодых (эпигерцинских) платформ характеризуются средними и мелкими месторождениями и невысоким качеством фосфоритов. К краевым прогибам приурочены месторождения с незначительными запасами низкого качества. Они могут располагаться и вблизи внутреннего края прогиба.

Установленные закономерности размещения фосфоритовых месторождений свидетельствуют о том, что наиболее перспективными для поисков фосфоритов на территории Сибирской платформы являются отложения терригенно-глауконитовой фосфоритоносной формации среднего ордовика с зернисто-ракушечниковыми фосфоритами на юге и юго-западе (Ангари-Ленский район, бассейн нижнего течения р. Подкаменной Тунгуски) и терригенно-карбонатные образования нижнего кембрия — венда — на востоке ее.

В складчатых районах юга Сибири перспективны кремнисто-карбонатные, карбонатные и терригенно-кремнисто-карбонатные образования венда — кембрия, а также нижнего рифея и нижнего протерозоя.

Для Дальнего Востока перспективны кембрийские терригенно-карбонатные отложения Удско-Селемджинского бассейна и некоторых других районов. Кроме того, могут быть перспективны осадочные метаморфизованные

толщи, широко развитые на Алданском щите, и палеозойские отложения Дальнего Востока.

Наиболее перспективными для постановки разведочных работ на вторичные фосфориты коры выветривания следует рассматривать площади распространения древних поверхностей выравнивания с сохранившимися на них останцами коры выветривания, расположенные в зоне развития фосфоритоносного субстрата.

Желваковые фосфориты в пределах Русской платформы связаны с регрессивными частями ритма, а фосфоритовые галечники — с трансгрессивными, причем фосфориты приурочены ко второй структурной террасе, а в ее пределах на грядообразных конседиментационных поднятиях и локальных плоских возвышенностях развиты конкреционные и плитчатые фосфориты, в древних руслах — галечниковые. Все фосфориты приурочены к участкам с резко сокращенной мощностью разреза, характеризующимися наличием промывов осадка и выносом песка.

Фосфориты сеноманских отложений юго-западного склона Воронежской антеклизы приурочены к определенным литологическим комплексам — мелкозернистым глауконит-кварцевым пескам, обычно характеризующимся высокой степенью сортированности материала. В комплексах грубозернистых песков с гравием и галечником, а также тонкозернистых и алевролитов фосфоритизация промышленного значения отсутствует. Более богатые фосфоритовые руды связаны с известковистыми песками.

С целью более правильного выбора площадей для постановки поисковых работ на фосфориты целесообразно проведение прогнозных исследований и составление прогнозных карт.

Геологические предпосылки. Изложенные выше закономерности размещения месторождений фосфоритов позволяют наметить следующие благоприятные предпосылки для их поисков:

1. Приуроченность фосфоритов к склонам крупных структур с устойчивым режимом развития — антиклинорий в геосинклинальных областях и антеклиз, а также к конседиментационным поднятиям в пределах синеклиз на платформах.

2. Связь наиболее интенсивного фосфоритообразования с рифейскими, вендскими и нижнекембрийскими отложениями в складчатых областях, мезозойскими — на Русской платформе, силурийско-ордовикскими — на Сибирской и Русской платформах; потенциальные возможности пермской и кайнозойской эпох на выявление крупных концентраций пластовых и зернистых фосфоритов.

3. Фосфоритоносность кремнисто-карбонатной и карбонатной формаций в эвгеосинклиналях и терригенно-кремнисто-карбонатной в миогеосинклинальных областях, глауконит-терригенной в центральной части и терригенно-карбонатной в краевой частях платформ.

4. Приуроченность фосфоритов к мелководным отложениям, характеризующимся периодическими перемывами.

Установленные в настоящее время геологические предпосылки носят в основном региональный характер, в связи с чем они мало эффективны для решения задач непосредственного выявления конкретных месторождений.

Кроме геологических предпосылок большое значение для проведения поисковых работ имеют поисковые признаки, которые также должны учитываться и отражаться на картах прогноза. К числу поисковых признаков относятся: а) выходы фосфоритоносных слоев на поверхность; б) ореолы рассеяния; разделяемые на первичные и вторичные; в) маркирующие горизонты. К первичным ореолам рассеяния относятся фосфатизированные породы с низким содержанием

фосфорного ангидрида, но превышающее кларковое (0,08—0,12% по массе). Представлены эти породы обычно тонкими прослоями или линзами среди бесфосфатных пород. К вторичным, механическим ореолам рассеяния следует относить обломки фосфоритов, их желваки и гальки.

В районах, где установлена приуроченность фосфоритов к определенным отложениям, могут быть использованы в качестве поисковых признаков на фосфориты маркирующие горизонты, которые проявляются в виде прослоя кремней в карбонатных породах, горизонта базальных конгломератов, горючих сланцев, контактов карбонатных и песчаных пород и т. д.

Правильный выбор площадей для постановки поисковых работ, хорошая обоснованность геологических предпосылок и поисковых признаков — необходимое условие успешного проведения поисков.

Задачи и методы проведения поисковых работ на фосфориты обуславливаются степенью освещенности изучаемого объекта до постановки поисковых работ, а также типом месторождений, нахождение которых вероятно в данном регионе.

Общие поиски проводятся в пределах регионов, перспективных для нахождения месторождений фосфоритов. Начинают их обычно с рекогносцировочного обследования местности с целью обнаружения и выделения фосфоритоносных бассейнов и общей оценки их перспектив. Поиски в этот период ведутся в масштабе 1 : 200 000—1 : 100 000 маршрутами по долинам основных рек, их притоков и по водоразделам, таким образом, чтобы обеспечить составление непрерывного разреза слагающих регион осадочных толщ. При поисках указанного масштаба основное внимание сосредоточивается на тех стратиграфических горизонтах, где по прогнозу ожидаются фосфоритоносные отложения. При исследовании выделенных литологических разновидностей пород, особое внимание следует уделять изучению и описанию контактов между ними, поскольку при смене фаций создаются благоприятные условия для отложения фосфоритов.

При исследовании фосфоритоносности изучаемых пород непосредственно на обнажениях проводится массовое качественное опробование их на содержание фосфорного ангидрида. В результате этих работ составляются опорные стратиграфо-литологические разрезы с указанием результатов фосфорометрического опробования, выделяются фосфоритоносные отложения, устанавливаются верхняя и нижняя их границы и определяются площади развития фосфоритоносных отложений.

На перспективных площадях развития фосфоритоносных отложений поиски проводятся в масштабе 1 : 25 000—1 : 50 000. При таких поисках расстояния между маршрутами составляют 5—10 км на платформах и 3—5 км в геосинклинальных условиях. Поиски проводятся путем тщательного документирования всех естественных обнажений с целью установления опорных разрезов. В необходимых случаях, при слабой обнаженности территории создаются искусственные обнажения, главным образом путем проходки канав или расчисток.

В результате проведения поисковых работ данного масштаба должно быть выяснено строение и условия залегания фосфоритсодержащей толщи, установлена мощность отдельных фосфоритных пластов, их литологический состав, существование фациальных изменений вдоль выхода пластов на поверхность, наличие вторичных изменений фосфоритов и вмещающих пород, вызванных метаморфизмом, выветриванием и другими факторами, наличие тектонических нарушений, степень обводненности фосфоритовых пластов и вмещающих их пород.

При поисках данного масштаба производится массовое качественное опробование пород на содержание фосфорного ангидрида, при этом наряду с пробами, определяющими всю массу породы, необходимо отбирать такие, которые характеризуют отдельные линзы, прослои, конкреции, скопления органических остатков и другие включения.

Наряду с маршрутным обследованием местности при общих поисках широко используются литохимическая съемка, обломочно-речной, шлиховой и геофизические методы.

Применение литохимической съемки при поисках фосфоритов основано на определении содержания фосфора в почве.

Впервые литохимическая съемка для поисков фосфоритов была применена на Южном Урале, а затем в Восточной Сибири, где по ореолам рассеяния фосфора оконтуривались площади известных проявлений фосфоритонности и были выявлены новые фосфоритоносные участки. Концентрации P_2O_5 в элювиально-почвенных образованиях, залегающих над фосфоритизированными известняками и доломитами, составляли 0,1—0,3%, а в почвах, залегающих над фосфоритами, 0,3—1,0% и более. Обычный же фон в почвах составляет сотые доли процента. Проведенные работы свидетельствуют о том, что состав почв находится в прямой зависимости от подстилающих их коренных пород, однако в некоторых районах (Восточные Саяны, например) ореолы повышенного содержания фосфора в почвах не всегда совпадают с контурами залежей фосфоритов и, наоборот, над залежами фосфоритов почвы не всегда имеют повышенное содержание фосфора. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости проверки в каждом конкретном районе целесообразности применения литохимической съемки для поисков фосфоритов. Имеющийся опыт указывает на эффективность применения литохимической съемки в районах развития карбонатных пород, легко поддающихся выщелачиванию.

При литохимической съемке пробы отбираются из закопшек глубиной 20—25 см. Масса проб обычно составляет 25—30 г. При поисках масштаба 1 : 25 000—1 : 50 000 пробы отбираются по сети 500 × 100 м.

Сравнительно высокая плотность минералов группы апатита, устойчивость их к механическому и химическому разрушению обуславливают возможность использования для поисков месторождений фосфоритов обломочно-речного и шлихового методов.

С помощью шлихового опробования при геологической съемке были выявлены, например, шлиховые ореолы рассеяния фосфатных минералов на севере Монгольской Народной Республики, изучение которых впоследствии привело к открытию крупного Хубсугульского месторождения фосфоритов.

Методика проведения обломочно-речного и шлихового опробования на фосфориты не отличается от обычной, применяемой для других полезных ископаемых, но, поскольку фосфоритовые минералы находятся в ассоциации с более легкими, наиболее эффективно получение шлихов из рыхлых отложений, где фосфат вследствие дезинтеграции породы присутствует в обособленном виде и концентрируется в тяжелой фракции. В протолочках же фосфат находится в основном в сростках с легкими минералами, вследствие чего при промывке шлиха эти сростки сливаются и концентрации фосфата в шлихе не происходит.

Некоторые особенности имеет и изучение шлихов, что связано с трудностью определения фосфатных минералов. Для их определения рекомендуется использовать качественную химическую обработку отобранных шлихов раствором молибдено-кислого аммония. Шлихи, в которых содержание фосфатов

повышенное, следует направить в химическую лабораторию для количественного определения содержания P_2O_5 .

Физической предпосылкой для проведения поисков фосфоритов геофизическими методами является повышенное содержание в них радиоактивных элементов.

Морские осадочные месторождения фосфоритов, сформировавшиеся в платформенных условиях, вследствие повышенной радиоактивности могут обнаруживаться всеми известными модификациями гамма-съемки. Для опознания обширных платформенных территорий может применяться мелкомасштабная (1 : 200 000—1 : 50 000) аэрорадиометрическая съемка. В зависимости от конкретных природных условий поисковые работы могут сопровождаться наземными радиометрическими съемками. Если позволяет местность, изучение перспективных участков или выявленных с воздуха аномалий может осуществляться с помощью маршрутной или площадной автомобильной гамма-съемки. Густота сети гамма-наблюдений определяется с учетом конкретных задач и условий съемки и может соответствовать масштабам 1 : 200 000—1 : 50 000.

Морские осадочные месторождения фосфоритов, сформировавшиеся в геосинклинальных условиях, и сопутствующие им континентальные остаточно-метасоматические месторождения фосфоритов также характеризуются повышенной радиоактивностью. Кроме того, для них характерна низкая магнитная восприимчивость фосфоритоносных карбонатных или кварц-карбонатных осадочных толщ, а также преимущественно высокое электрическое сопротивление последних при низком сопротивлении карстовых остаточно-метасоматических образований. Особенности физических свойств фосфоритов на месторождениях указанных типов позволяют производить геологическое картирование и выделение площадей, перспективных на фосфориты с помощью аэромагнитно-аэрорадиометрической съемки. Масштаб этой съемки обычно принимается равным 1 : 50 000. Возможно применение и наземных магнитных и радиометрических съемок, однако стоимость их в условиях труднопроходимой горной или таежной местности довольно высока.

Поиски фосфоритовых горизонтов и залежей в благоприятных геоморфологических условиях (Казахстан) могут осуществляться с помощью аэрорадиометрической съемки масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000. В условиях сильно расчлененного рельефа, препятствующего съемке всей площади на кондиционной высоте полета локальными гамма-аномалиями, могут фиксироваться лишь наиболее крупные месторождения фосфоритов.

Выходы пластов и пачек осадочных фосфоритов, а также карстовые остаточно-метасоматические фосфориты уверенно фиксируются наземной гамма-съемкой в масштабе 1 : 25 000. При этом максимальных значений гамма-поле достигает на обнажениях осадочных фосфоритов и в зоне развития фосфатноносного карста.

На территории Прибалтики условия для проведения гамма-съемки наиболее благоприятны на тех площадях, где в разрезе отсутствуют диктионемовые сланцы (например, Кингисеппское месторождение), так как интенсивность гамма-излучения последних в несколько раз выше интенсивности гамма-излучения горизонтов ракушечниковых фосфоритов.

Положительные результаты дает и эманационная съемка, отмечающая фосфатизированные пачки и залежи фосфоритов. Применение эманационной съемки рационально при повышенной мощности рыхлых отложений.

С целью повышения надежности поисков в комплексе с радиометрической

съемкой обычно проводится литохимическое опробование на фосфор рыхлых отложений. Вторичные ореолы рассеяния фосфора, как правило, совпадают с гамма- и эманационными аномалиями, вызываемыми пластовыми и карстовыми фосфоритами.

Описанные выше радиометрические способы поисков месторождений фосфоритов основаны на суммарном гамма-излучении всех радиоактивных элементов, вследствие чего при этих методах фиксируется общая радиоактивность, которая может быть связана не только с фосфоритами.

В последние годы во Всесоюзном научно-исследовательском институте ядерной геофизики (ВНИИЯГ) разрабатывается методика поисков фосфоритов, основанная на раздельном определении гамма-излучения радиоактивных элементов. Проведенные экспериментальные работы подтвердили, что раздельное определение $U(Ra)$, Tl и K^{40} дает значительно больший эффект, чем суммарное гамма-излучение. Особенно четко при этом оконтуриваются площади развития фосфоритоносных отложений, построенные по соотношению урана к торию.

Повышенное содержание урана в фосфоритах может повлечь за собой некоторое увеличение его содержания в подземных водах, проходящих через фосфоритоносную толщу, что обуславливает принципиальную возможность применения при поисках фосфоритов радио-гидрогеологического метода. Однако экспериментальных работ по использованию этого метода не проводилось, что не позволяет судить об его эффективности.

Д е т а л ь н ы е п о и с к и. В их задачу входит геологическое обследование района, благоприятного для фосфоритообразования и выявления месторождений фосфоритов. Масштаб детальных поисковых работ выбирается в зависимости от ожидаемого типа месторождений и размеров площади поисков, так как заданная сеть маршрута должна гарантировать выявление всех фосфат-проявлений, представляющих практический интерес. Для поисков большинства месторождений фосфоритов наиболее целесообразным является масштаб 1 : 25 000. Детальные поиски вторичных фосфоритов коры выветривания, характеризующихся обычно меньшими размерами, могут производиться в масштабе 1 : 10 000.

Детальные геологопоисковые работы осуществляются практически теми же видами работ, что и предварительные поиски (маршрутное обследование местности, спектрометрия, радиометрия), но в значительно большем объеме применяются горные выработки, что связано с необходимостью получения недостающих точек наблюдения.

На стадии детальных поисков велика роль визуальных наблюдений, особенно при поисках геосинклинальных месторождений в районах активной эрозионной деятельности с резко расчлененным рельефом.

В хорошо обнаженных районах нередко удается сразу же обнаружить фосфоритовые пласты и фосфоритоносные толщи, обнажающиеся на крутых обрывистых склонах, в долинах рек и оврагов. Поисковые маршруты проводятся по инструментально разбитой сети, плотность которой зависит от типа фосфоритов и может быть различной.

Детальные поиски платформенных месторождений осуществляются путем проведения маршрутного обследования по долинам рек и оврагов и изучения фосфоритовых горизонтов на их выходах. В ряде случаев требуется проходка расчисток, мелких шурфов или буровых скважин. Буровые скважины обычно задаются на водоразделах; диаметр их зависит от предполагаемого размера желваков, однако ввиду недостаточности данных о размерах желваков бурение скважин целесообразно проводить диаметром не менее 300 мм.

Детальные поиски геосинклинальных месторождений фосфоритов производятся путем проведения маршрутов вкост основного простирания пород. Через каждые 3—5 км следует проходить магистральные каналы; при положительных результатах расстояние между каналами должно быть сокращено до 1,5—2 км. На участках предполагаемого выклинивания фосфоритоносной толщи расстояние между каналами сокращается до 200—500 м. Для изучения на глубину задаются единичные буровые скважины обычного диаметра (101—128 мм).

Детальное геологическое картирование участков выявленных фосфоритопоявлений обычно осуществляется с помощью наземной магнитной съемки масштаба 1 : 25 000—1 : 10 000 и крупнее. В благоприятных условиях главные элементы геологического строения месторождения удается уловить с помощью электропрофилеирования. В сочетании электропрофилеирования с ВЭЗ этот комплекс позволяет наметить площади максимальной закарстованности известняков, что весьма важно, так как древний карст является носителем вторичного, наиболее богатого фосфатного оруденения, а современный — фактором, осложняющим разведку и последующую эксплуатацию месторождения. Разделение выявленного карста на продуктивный и непродуктивный может быть осуществлено радиометрией. Кроме оконтуривания зон закарстования методом ВЭЗ можно оценивать глубину развития карста. Для прослеживания фосфоритовых пластов применяются те же геофизические методы, что и при предварительных поисках.

В результате проведения детальных поисков должна быть изучена общая стратиграфия района, установлены основные закономерности фациального изменения фосфоритоносной толщи, составлены геологические разрезы. Для установления границ фосфоритоносной формации породы подвергаются опробованию на фосфорный ангидрид количественным методом. Из основных фосфоритоносных пачек отбираются пробы для определения содержания вредных примесей: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CO_2 и MgO , а также фтора.

Поисково-оценочные работы проводятся на участках проявления фосфоритизации, выявленных при предварительных или детальных поисках. Основная цель этих работ состоит в накоплении материалов, необходимых для выбора месторождений для предварительной разведки и отбраковки фосфоритовых проявлений, не представляющих практического интереса.

На этой стадии изучения месторождения, кроме его поверхности, изучаются и глубокие горизонты. На поверхности, кроме естественных обнажений, проходятся, документируются и опробуются каналы, расчистки и неглубокие шурфы. На глубину проходятся скважины колонкового бурения. Платформенные месторождения с близким к горизонтальному залеганием фосфоритовых слоев опробуются скважинами колонкового бурения. Рациональный диаметр скважин 128 мм, для желваковых фосфоритов ряд скважин проходит диаметром 300 мм. При применении алмазного бурения скважины обычно проходятся диаметром 76 мм.

Расстояния между выработками для платформенных желваковых и ракушечниковых фосфоритов принимаются равными 800—1200 м, крутопадающих геосинклинальных 1200—1500 м и сложных по форме залежей вторичных фосфоритов коры выветривания 300—600 м. На участках предполагаемого выклинивания фосфоритовых пластов расстояние между каналами или расчистками сокращается до 100—200 м.

В результате поисково-оценочных работ должно быть выяснено строение фосфоритоносной толщи и вмещающих пород, определены водоносные гори-

зонты, установлена устойчивость пород почвы и кровли фосфоритовых пород и влияние этих факторов на будущие эксплуатационные работы. На основании изучения вещественного состава определяется по аналогии с подобными месторождениями обогатимость фосфоритовых руд.

На платформенных месторождениях фосфатных горизонтов может быть несколько, причем фосфориты в них обычно одного типа, вследствие чего увязка вскрытых выработками горизонтов, при редкой сети выработок, весьма затруднительна. В связи с этим следует подробнее исследовать состав фосфоритов, что облегчит их увязку.

Наличие нескольких фосфоритовых горизонтов при поисково-оценочных работах обуславливает необходимость продолжения бурения и после пересечения установленного при поисках фосфоритового горизонта, так как возможно вскрытие других параллельных горизонтов. После бурения первых двух-трех скважин следует тщательно проанализировать полученные результаты, сопоставить их с данными поверхностных выработок.

По результатам поисково-оценочных работ должна быть дана технико-экономическая оценка возможности и целесообразности разработки выявленных при поисках месторождений и фосфатопроявлений. Эта оценка прежде всего должна пойти по линии установления пригодности фосфоритов для переработки. Дело в том, что допустимые минимальные содержания фосфорного ангидрида в исходной руде для различных типов фосфоритов различны. Так, содержание P_2O_5 для сравнительно легко обогатимых микрозернистых руд, например, Белкинского месторождения, перерабатываемых на легкорастворимые удобрения, в настоящее время должно быть не ниже 10%, а для труднообогатимых руд Каратауских месторождений — около 18—20%; для сравнительно легко обогатимых маложелезистых желваковых руд полпинского типа не менее 5%, а для характеризующихся более сложным обогащением егорьевских — 14%; для легкообогатимых ракушечных руд Прибалтики допустимо минимальное содержание P_2O_5 в руде около 4% (для производства фосфоритной муки) и 8% для производства сложных удобрений.

Не менее важное значение имеет и содержание в фосфоритах вредных примесей, причем в разных типах руд и их разновидностях оно различно даже на одном и том же месторождении. Так, желваковые фосфориты полпинского типа содержат от 3 до 6% полуторных окислов железа и алюминия, а егорьевские от 9 до 11% и выше (за счет глауконита), причем содержание железа в верхней части продуктивной серии резко возрастает за счет широкого развития железистых оолитов. Определить допустимые содержания вредных примесей на стадии поисково-оценочных работ довольно сложно, однако при выборе участков и месторождений для постановки предварительной разведки следует отдавать предпочтение участкам развития фосфоритов с более низким содержанием вредных примесей.

Ценность фосфоритов могут повысить содержащиеся в них полезные примеси. Так, например, проведенные работы показали, что содержащиеся в фосфоритах Рыльского района Курской области редкие и рассеянные элементы увеличивают их ценность, так как применение этих фосфоритов повышает урожайность почв в большей степени, чем применение аналогичных удобрений, не содержащих указанные примеси. Опыт применения на Барнаульской сельскохозяйственной станции фосфоритной муки, изготовленной методом помола из фосфоритов Белкинского месторождения, свидетельствует о том, что благодаря содержанию в них полезных примесей, урожайность почв существенно увеличивается (26 ц/га при контрольных 6—10 ц/га).

Большое значение в оценке промышленного значения найденного фосфатопроявления имеет его масштаб. Для мелкозернистых фосфоритов минимальные запасы руды должны быть не менее 200 млн. т. Только в случаях высокого содержания P_2O_5 в руде, хорошей обогатимости и благоприятных экономико-географических и горнотехнических условиях эта цифра может быть снижена до 150—100 млн. т.

Для конкреционных и ракушечных фосфоритов допустимые для выемки запасы, как правило, значительно ниже (100—130 млн. т). Оценка запасов вторичных фосфоритов нуждается в совершенно ином подходе. В силу своих генетических особенностей вторичные фосфориты образуют, как правило, небольшие по размерам концентрации сырья, оценивающиеся от 10—20 до 30 млн. т. В связи с этим такие месторождения считаются нерентабельными.

Самостоятельная разработка и эксплуатация их целесообразна лишь при наличии нескольких сближенных месторождений.

Большое влияние на экономические показатели разработки месторождений оказывают глубина залегания фосфоритового пласта, водоносность и прочность пород. При обычном качестве желваковых фосфоритов разработка их считается целесообразной при глубине залегания не более 15 м, однако в ряде районов при высоком качестве сырья и благоприятных экономико-географических условиях целесообразно добывать фосфориты и при глубине их залегания более 15 м. В отдельных районах (Центральный, Черноземный, Целинный край) для сохранения пахотных земель может быть рекомендована подземная отработка. Следует отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция к углублению открытых и введению подземных добычных работ, обусловленных прогрессом техники и необходимостью сохранения пахотных земель.

На себестоимость добычи большое влияние оказывает обводненность и прочность пород месторождения. Так, на Вятско-Камском месторождении, где продуктивную толщу подстилают глины, углубление карьера тормозится обводненностью фосфоритов. При возможной подземной добыче следует учитывать степень прочности кровли пород.

В ряде случаев фосфоритовые руды содержат примесь ильменита и циркона, достигающего промышленных концентраций, что повышает их промышленный потенциал. В других случаях фосфоритовые пласты залегают в кровле других полезных ископаемых (Латненское месторождение огнеупорных глин, железорудные месторождения КМА) и, несмотря на нерентабельность их самостоятельной отработки, попутное извлечение фосфоритов при добыче основного полезного ископаемого может оказаться целесообразным.

На многих месторождениях фосфоритов во вскрыше залегают значительные скопления мела, опок, трепелов (район Курска и Щигров), которые могут использоваться цементной или другими отраслями промышленности, что также следует учитывать при оценке фосфатопроявлений, особенно, если они находятся вблизи действующих или проектируемых цементных заводов. Все эти факторы должны учитываться при выборе фосфитопроявлений для постановки разведочных работ.

Предварительная разведка. Методика предварительной разведки месторождений фосфоритов обуславливается типом месторождения, его масштабом, условиями залегания, морфологией и внутренним строением фосфоритоносных залежей.

Основными факторами геологического строения геосинклинальных месторождений, определяющими методику геологоразведочных работ, являются: 1) сильная вытянутость фосфоритовых пластов по простиранию и падению,

с весьма значительным превышением длины и глубины распространения пластов над мощностью; 2) плавный и непрерывный характер изменчивости содержания фосфорного ангидрида и вредных примесей, обусловленный осадочной природой процесса фосфоритообразования; варьирование качества руд вследствие литолого-фациальных особенностей и эпигенетических процессов; 3) изменение мощности и усложнение контуров продуктивной пачки в результате тектонической нарушенности.

Эти факторы обуславливают возможность разведки месторождения сочетанием горных выработок и скважин колонкового бурения, причем горные выработки легкого типа (канавы, расчистки, мелкие шурфы) применяются для изучения фосфоритовых пластов на их выходах, а буровые скважины — для разведки месторождений на глубину.

Располагать разведочные выработки следует по разведочным линиям, что обеспечивает получение геологических разрезов вкрест простирания фосфоритоносных горизонтов. Значительная выдержанность фосфоритовых пластов по мощности, строению и качеству позволяет предварительную разведку геосинклинальных месторождений осуществлять сравнительно редкой сетью выработок.

Предварительная разведка месторождений каратауского типа производится с поверхности канавами, расчистками, а в отдельных случаях шурфами. В последние годы на участках с повышенной мощностью наносов вместо горных выработок успешно применяются неглубокие скважины.

Поверхностные выработки проходятся по линиям через 400—600 м по простиранию пластов. Канавы проходятся сплошные, с таким расчетом, чтобы пересечь фосфоритоносную толщу от висячего до лежащего бока. При замене канав шурфами или линиями скважин расстояния на линиях выбираются с таким расчетом, чтобы обеспечить получение перекрытого разреза. Для установления сплошности фосфоритоносного горизонта, характера изменения мощности и содержания, наличия или отсутствия тектонических нарушений целесообразна проходка прослеживающих канав. Эти канавы проходятся по простиранию фосфоритоносного пласта. Длина их может быть 100—200 м иногда при сложном строении пласта до 500 м.

Глубокие зоны месторождений изучаются при помощи наклонных, реже вертикальных скважин колонкового бурения, расположенных по тем же линиям, что и поверхностные выработки, однако расстояния между ними могут быть увеличены до 800—1200 м при простом строении пласта.

Глубина скважин выбирается с таким расчетом, чтобы получить представление о поведении пласта на глубинах, доступных для открытой и подземной разработки. Обычно на линиях бурят по две скважины глубиной 100—150 и 400—600 м.

Основными особенностями строения платформенных месторождений желвакового типа, определяющими методику геологоразведочных работ, являются: 1) широкое площадное развитие фосфоритов, имеющих горизонтальное или близкое к нему залегание; 2) отсутствие нередко четких границ по мощности пласта; 3) сложные контуры фосфоритовых пластов на их выходах, обусловленные размывом; 4) различная крупность желваков фосфорита; 5) относительно выдержанное содержание фосфорного ангидрида, при более изменчивом содержании вредных примесей.

Приведенные особенности свидетельствуют о возможности и целесообразности проведения разведки месторождений желваковых фосфоритов скважинами колонкового бурения. На достоверность разведки большое влияние

оказывает правильность выбранного диаметра бурения, а последний в свою очередь обуславливается размером желваков, заключенных в фосфоритовом пласте.

Исследования, проведенные на восьми участках Егорьевского месторождения, показали, что скважины большого диаметра (300 и более мм) обеспечивают получение полноценной информации о мощности, строении фосфоритовых пластов и качестве фосфоритов. Скважины обычного диаметра (79—127 мм) дают систематическое занижение качества. Это, по-видимому, связано с тем, что кровля фосфоритового пласта фиксируется недостаточно четко и к фосфоритам присоединяется часть глауконитовых песков. Экспериментальные работы показали, что оптимальным диаметром является 168 мм. Однако разведка желваковых фосфоритов путем проходки всех скважин указанным диаметром будет малоэффективной в экономическом отношении.

Вследствие этого в современной практике месторождения желваковых фосфоритов разведуются сочетанием скважин колонкового бурения большого и обычного диаметра.

Неплохие результаты при разведке желваковых фосфоритов дает применение грунтоноса Симакова. Так, например, с помощью 12-дюймового грунтоноса на Полпинском месторождении удалось получить керн диаметром 240 мм с ненарушенной структурой.

В некоторых случаях (в заболоченной местности) иногда используются скважины ручного бурения. Скважины располагаются по квадратной сети, причем скважины большого диаметра (168—310 мм) чередуются со скважинами обычного диаметра (127 мм). Плотность разведочной сети зависит от масштаба месторождения, но обычно на стадии предварительной разведки составляет 400—800 м, при плотности скважин большого диаметра — 800—1600 м. Предварительная разведка Полпинского месторождения, например, осуществлялась по сети 1000 × 1000, при сети скважин большого диаметра (310 мм) — 500 × 500 м.

Основными особенностями строения месторождений ракушечниковых фосфоритов, определяющих методику их разведки, являются: 1) относительная выдержанность содержания фосфорного ангидрида; 2) неравномерное распределение MgO в фосфоритовом пласте и отсутствие закономерностей в пространственном размещении линз, прослоев и глыб оболочных песчаников, являющихся носителем окиси магния; 3) резкое выклинивание фосфоритового пласта в зонах геологических нарушений; 4) пестрота литологического состава фосфоритового пласта, представленного переслаиванием твердых (песчаники) и рыхлых (пески) пород; 5) хрупкость доломитов цемента песчаников, приводящая к разрушению их в процессе бурения и тем самым к искажению литологической характеристики пород фосфоритового пласта по данным изучения керна.

Разведка месторождений ракушечниковых фосфоритов обычно проводится скважинами колонкового бурения обычного диаметра, что гарантирует необходимую достоверность разведочных данных. Существенное значение имеет выбор типа станка, так как получение наиболее достоверной качественной и литологической характеристики фосфоритового пласта обеспечивают лишь станки шпиндельного типа (ЗИВ, СБА и др.). При бурении станками этого типа достигается лучшее качество керна за счет возможности регулирования давления на забой и числа оборотов шпинделя в зависимости от состава пробуриваемых пород. При бурении же станками роторного типа (АВВТ-М) такая возможность отсутствует, что приводит к перемешиванию керна и искажению представления о качественном и литологическом составе пласта.

Особенности геологического строения месторождений ракушечниковых фосфоритов Прибалтики позволяют располагать разведочные выработки по квадратной сети. Расстояния между выработками обычно принимаются равными 400—800 м в зависимости от размера месторождения и сложности его строения.

Залежи фосфоритов коры выветривания, отличающиеся сложными очертаниями в плане и разрезе и невыдержанным содержанием фосфорного ангидрида обычно разведываются канавами, шурфами и вертикальными скважинами колонкового бурения диаметром, как правило, 127 мм. Выработки располагаются в основном по квадратной сети при расстояниях между ними 150—300 м в зависимости от размеров залежей и сложности их строения. Применение при разведке шурфов обычно связано со сложными транспортными условиями, в которых находятся месторождения коры выветривания, затрудняющими перевоз бурового оборудования. При равной стоимости проходки шурфов и скважин целесообразно применять шурфы, как выработки, дающие более надежную информацию.

Выход зерна из скважин колонкового бурения при разведке массивных фосфоритов и фосфоритов коры выветривания должен составлять не менее 80%, желваковых и ракушечниковых — не менее 90%. В тех случаях, когда полезная толща представлена несколькими типами руд или их разновидностями, необходимо обеспечить надежный выход зерна для каждого типа или разновидности.

На стадии предварительной разведки месторождений фосфоритов любого генетического типа должны широко применяться геофизические методы исследования. Состав комплекса и методика геофизических исследований определяются в каждом конкретном случае в зависимости от типа месторождения. Кроме методов, применяемых при поисках, на стадии предварительной разведки должен широко использоваться комплекс каротажных геофизических методов исследования скважин, включающий активационный каротаж, кавернометрию, плотностной гамма-гамма-каротаж, гамма-каротаж и нейтронный каротаж. Наряду с каротажными работами необходимо проводить изучение межскважинных пространств — прослеживание и увязку залежей, определение их контуров, тектонических нарушений и т. д. Для этого используются методы, применяемые при проведении поисковых работ: сейсмометрия, электрометрия и магнитометрия. Электрометрия, например, позволяет оконтурить площади развития залежей вторичных фосфоритов, что, учитывая их сложную форму, имеет большое значение. При предварительной разведке ракушечниковых фосфоритов неплохие результаты дает гравиметрия. На месторождении Тоолсе этим методом устанавливаются контуры погребенных долин рек и т. д.

Достоверность данных, получаемых при применении геофизических методов исследований на стадии предварительной разведки, должна быть подтверждена специально пройденными горными выработками или буровыми скважинами. В результате предварительной разведки должны быть определены общие масштабы месторождения, основные горнотехнические условия его эксплуатации. При предварительной разведке геосинклинальных месторождений очень важно определить положение установленных при поисках крупных разрывных нарушений. Многочисленные мелкие нарушения в эту стадию не выявляются. Необходимо только выделить участки, избыточные мелкой трещиноватостью.

При проведении предварительной разведки во всех скважинах определяется уровень водоносных горизонтов, от положения которого иногда зависит

нижняя граница карьерной добычи; отбираются пробы для исследования химического состава воды каждого водоносного горизонта.

Для многих платформенных месторождений гидрогеологические условия нередко являются основным фактором, определяющим возможность и глубину их разработки. Наиболее водообильные участки месторождения, где фосфоритовые пласты залегают на глинистых водоупорных толщах, несмотря на удовлетворительное качество фосфоритов, могут быть забракованы уже на стадии предварительной разведки, с прекращением дальнейших разведочных работ. На ряде платформенных месторождений осваиваются промышленностью только дренированные зоны, располагающиеся обычно вдоль выхода пласта на поверхность.

Изучение водоносности производится в буровых скважинах. Во всех скважинах замеряется первоначальный и установившийся уровень подземных вод, разграничиваются участки дренированных и водообильных площадей фосфоритовых залежей. В единичных разведочных скважинах производится пробная откачка.

По результатам предварительной разведки подсчитываются запасы руды и P_2O_5 в основном по категориям C_1 и C_2 ; при сложном строении месторождения небольшая часть запасов (не более 10%) может быть разведана по категории В.

Кроме того, в стадию предварительной разведки должны быть выявлены основные факторы, определяющие методику детальных разведочных работ (тип и рациональное размещение разведочных выработок, расстояния между ними, глубина разведки, комплекс геофизических методов), а также методику опробования и требуемые объемы технологических исследований руд.

По результатам предварительной разведки разрабатываются временные кондиции, на основании которых решается вопрос о целесообразности перехода к детальной разведке.

При оценке результатов (особенно отрицательных) предварительной разведки следует иметь в виду возможность разработки месторождения или его участка геотехнологическими методами. Опытные работы, проведенные на Кингисеппском месторождении, показали возможность разработки его методом скважинной гидродобычи. Этот метод открывает широкие возможности для вовлечения в промышленное освоение месторождений, в настоящее время считающихся непромышленными, из-за большой глубины залегания фосфоритовых пластов, сильной их обводненности и других причин.

Особенности технологии скважинной гидродобычи фосфоритовой руды, отличающие этот метод от гидромеханизации открытых горных работ, заключаются в возможности работы в затопленной среде с доставкой руды от забоя к всосу выдачного механизма струей воды скважинного гидромонитора.

Скважинную гидродобычу можно осуществлять при определенных условиях, главными из которых являются возможность разрушать руду струей воды и обеспечение устойчивости или плавного опускания вскрывающих пород. При этом мощность пласта, глубина его залегания и содержание P_2O_5 должны обеспечить рентабельную разработку месторождения. Из этого следует, что возможность разработки полезного ископаемого методом скважинной гидродобычи определяется физико-геологическими и гидрогеологическими условиями месторождения и геотехнологическими свойствами самого полезного ископаемого.

Наиболее приемлемыми для разработки методом скважинной гидродобычи являются месторождения ракушечниковых фосфоритов, сложенные рыхлыми породами с относительно небольшой крупностью частиц. Не исключена возмож-

ность разработки этим методом и желваковых фосфоритов, однако экспериментальные работы на них не проводились.

Таким образом, для решения вопроса о возможности разработки месторождений фосфоритов методом скважинной гидродобычи необходимо проанализировать геолого-геоморфологические условия их залегания и определить вещественный и гранулометрический состав руд.

Результаты проведенных Государственным институтом горнохимического сырья исследований на месторождениях фосфоритов Прибалтики дают следующие основные критерии для оценки возможности отработки месторождения методом скважинной гидродобычи: 1) непосредственная кровля рудного пласта должна быть представлена устойчивыми породами, при которых возможны площади обнажения не менее 150 м²; 2) минимальная мощность фосфоритового пласта должна составлять не менее 1,0—1,5 м; пласт может быть представлен рыхлыми или среднесцементированными песками, а мощность прослоев конкреционных и плотных песчаников — не менее 0,1 м; 3) мощность песков, залегающих над и под прослоями песчаников, должна быть более 1,0 м; 4) минимальное бортовое содержание Р₂О₅ в руде должно составлять 3%.

Однако отсутствие достаточного опыта разработки месторождений методом скважинной гидродобычи не позволяет установить оптимальные условия хода процесса при различных геолого-гидрогеологических условиях и лишает возможности разработать методику предварительной разведки месторождений. Для решения вопроса о целесообразности и экономической эффективности применения метода скважинной гидродобычи необходимо на каждом месторождении проводить экспериментальные работы, которые должны осуществляться на представительном участке в условиях, максимально приближенных к реальному производству. Наиболее перспективными для внедрения метода скважинной гидродобычи являются Южный участок Кингисеппского месторождения, а также месторождение Тоолсе. Проведенные на Кингисеппском месторождении опыты показали, что технологические потери при скважинной гидродобыче велики. Дальнейшее совершенствование технологии может привести к существенному снижению потерь и выведению метода скважинной гидродобычи в разряд промышленных.

Изучение состава добытой методом скважинной гидродобычи руды и сравнение ее с составом руды в недрах показало, что в ней содержится значительно меньше MgO, что имеет большое значение при использовании фосфоритовых руд для производства концентрированных удобрений. Кроме того, добытая руда практически не содержит глинистых частиц, что существенно облегчает процесс ее флотации. Таким образом, результаты опытной добычи показывают, что метод скважинной гидродобычи, по сравнению с традиционным методом открытых работ, позволяет получить руду более высокого качества. Это создает перспективы для внедрения метода скважинной гидродобычи на месторождениях, руды которых содержат повышенное количество магния и нерастворимого остатка и вследствие этого непригодны для переработки на концентрированные удобрения.

Детальная разведка. Проходка разведочных выработок на стадии детальной разведки имеет своей целью уточнение контуров фосфоритовых залежей, их формы и строения. Эта задача решается путем сгущения разведочной сети, принятой при предварительной разведке, а также заложения при необходимости дополнительных выработок. Разведочные выработки проходятся по системе, выработанной на стадии предварительной разведки, со сгущением сети для перевода запасов фосфоритов в более высокие категории. Сгущение разведочной

сети производится на участках, предназначенных для первоочередной обработки. Плотность разведочной сети определяется в каждом отдельном случае, исходя из типа месторождения и индивидуальных его особенностей.

В последнее время на многих месторождениях фосфоритов были проведены работы по обоснованию разведочной сети, применяемой для детальной разведки.

Научное обобщение рудничных геолого-маркшейдерских материалов, выполненное Ю. А. Киперманом на месторождениях Каратауского бассейна, показало, что достоверность информации детальных геологоразведочных работ не всегда обеспечивает надежность и правильность решений, принятых при проектировании рудников, особенно в отношении качества и технологических свойств сырья.

Сравнение данных детальной и эксплуатационной разведки на месторождениях Чулактау и Аксай свидетельствует о том, что погрешности подсчета запасов по блокам категории А и В колеблются соответственно от $-2,4$ до $+14,7\%$ и от $-16,1$ до $+24,8\%$. Большие погрешности определения запасов в отдельных блоках связаны с наличием в контуре блоков продуктивных пачек со сдвоенной или срезанной мощностью.

Сопоставление геологоразведочных и эксплуатационных данных, выполненное В. Г. Загураевым на Кингисеппском месторождении ракушечниковых фосфоритов, свидетельствует о вполне удовлетворительной их сходимости для объема годовой добычи (5 млн. т руды), однако в процессе детальной разведки прослой и линзы плотных и конкреционных песчаников часто не фиксируются или определяются со значительными искажениями. Это приводит при эксплуатации к потере руды, залегающей под песчаниками и достигающей в отдельных блоках 22% ; кроме того, обуславливает резкие колебания качества руды, поступающей на обоганительную фабрику.

На месторождениях желваковых фосфоритов экспериментальные работы, проведенные на Новочеркасском и Чолоховском участках Егорьевского месторождения, показали, что средняя погрешность менее 10% достигается при сети 500×500 м и менее, резко возрастая при дальнейшем разрежении сети. В связи с этим было признано целесообразным при детальной разведке применять 500 -метровую сеть для разведки запасов категории А, при условии, что блок опирается не менее чем на $8-9$ скважин. Однако этот вывод нельзя признать правильным, так как он основан на сходимости только одного показателя — мощности фосфоритового пласта без учета изменчивости качества фосфоритов и выхода концентрата.

Приведенные выше данные показывают, что плотность разведочной сети должна устанавливаться для каждого конкретного месторождения отдельно, исходя из его индивидуальных особенностей. При определении плотности разведочной сети необходимо учитывать и задачи разведки. На месторождении Кок-Джон, например, задачей разведки было выявление и определение количества богатых руд, пригодных для кислотной переработки. Однако при определении плотности разведочной сети это не было учтено и она находилась по оценке достоверности запасов рядовых руд, характер распределения которых на месторождении значительно проще, чем богатых руд.

Вследствие этого полученные выводы об оптимальной плотности разведочной сети применительно к богатым рудам оказались ошибочными.

Разведка Чилисайского месторождения производилась с целью выявления запасов фосфоритов, пригодных для производства концентрированных удобрений. Несмотря на это для обоснования рациональной плотности разведочной сети была использована аналогия разведки Богдановского месторождения,

целью которой было дать оценку фосфоритов как сырья для производства фосфоритовой муки. Учитывая, что при изучении фосфоритов как сырья для производства фосфоритовой муки, вредные примеси не имели практического значения и характер их распределения не влияет на плотность разведочной сети, применение метода аналогии в данном случае не правомочно.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить приведенные в табл. 6 систематизированные данные о плотности сети.

На стадии детальной разведки уточняются и детализируются данные о месторождении, производится тщательное оконтуривание различных типов

Т а б л и ц а 6

Расстояния между разведочными выработками, применяемые для разведки месторождений фосфоритов

Группа месторождений	Тип месторождения	Расстояния между выработками для кат егорий, м		
		A	B	C ₁
1	Желваковых и ракушечниковых фосфоритов, представленных горизонтально или полого падающими пластами, выдержанными по мощности и устойчивыми по качеству руд	100—200	200—400	400—800
1	Пластовых массивных, зернистых и микрозернистых фосфоритов, представленных крутопадающими пластами, пластообразными и линзообразными залежами, относительно устойчивыми по мощности и качеству руд	100—200× × 50—100	200—400× × 100—200	400—800× × 200—400
2	Остаточных фосфоритов и фосфоритов других генетических типов, представленных сложными по форме залежами изменчивой мощности с невыдержанным качеством руд	—	75—150× × 70—75	150—300× × 75—100

фосфоритовых руд, пополняются сведения об их химическом и вещественном составе, технологических свойствах, текстурных особенностях, влияющих на кусковатость руды, уточняются горнотехнические условия эксплуатации месторождения.

Детальность изучения участков со сложным строением фосфоритового пласта обуславливает необходимость проходки дополнительных выработок в промежутках между основными разведочными линиями. Такие выработки часто закладываются без обязательного соответствия принятой разведочной сети и должны способствовать решению частных вопросов геологического строения данного конкретного участка: вскрытие контактов различных пачек пласта, фациальных переходов, установления влияния тектонических нарушений на мощность пласта, физическое состояние руд и т. д.

Учитывая значительную протяженность большинства месторождений геосинклинального типа, следует на стадии детальной разведки определять участки, отработка которых будет осуществляться самостоятельными карьерами или рудниками. На каждом из таких участков разведочную сеть необходимо ориентировать таким образом, чтобы получить запасы различных категорий в требуемом соотношении, предусмотренном действующей классификацией запасов твердых полезных ископаемых. При этом на каждом участке,

предназначенном для организации самостоятельного горнодобывающего предприятия, запасы категорий А и В должны быть выявлены на площадях первоочередной отработки.

Для месторождений геосинклинальных фосфоритов большое значение имеет выход товарной продукции и мелочи (класс 10 мм). Вследствие этого на стадии детальной разведки должна быть изучена трещиноватость фосфоритового пласта и установлены причины ее появления.

Детальная разведка платформенных месторождений фосфоритов производится путем сгущения разведочной сети до расстояний, указанных в табл. 6, причем конкретные расстояния между выработками, в пределах указанного в таблице интервала, определяются экспериментальными работами и теоретическими расчетами.

Дополнительные выработки задаются с целью уточнения контуров фосфоритовых пластов вблизи их выхода на дневную поверхность и для детализации границ бесфосфоритовых «окон» (древних размывов), встречающихся среди фосфоритовой залежи.

Во всех скважинах глубиной более 100 м должны быть произведены через каждые 50 м измерения азимутальных и зенитных углов их искривления. Результаты этих измерений следует учитывать при определении мощности и построении геологических разрезов.

Для разведки желваковых фосфоритов применяются скважины двух типов: обычного (127 мм) и большого диаметра (не менее 168 мм), причем скважины большого диаметра чередуются со скважинами обычного диаметра.

В стадию детальной разведки должны быть изучены закономерности изменения мощности и строения фосфоритовых пластов. Следует иметь в виду, что, определяя мощность пласта по скважине обычного диаметра, можно получить искаженные результаты. Дело в том, что фосфоритовые желваки в кровле пласта иногда рассеяны среди глауконитовых песков и глин. В этом случае определение верхней границы фосфоритового пласта в известной мере будет условным. Кроме того, нижняя граница фосфоритового пласта, цементированная в массивную плиту, бывает чрезвычайно неровной. Она представлена отдельными сростками, иногда на 10—15 см выступающими в подстилающую породу. Все это требует проходки для правильного определения мощности необходимого количества скважин большого диаметра или шурфов.

Изменение мощности пласта, расщепление его на два-три слоя, разделенных пустой породой, создают иногда значительные трудности при составлении разрезов и требуют проходки дополнительных разведочных выработок.

На некоторых месторождениях желваковых фосфоритов развиты выветрелые руды, из которых выходы концентрата очень низкие. Проведенными работами в северо-западной части Барано-Игнатовского участка Егорьевского месторождения установлено, что выход концентрата из выветрелых руд в среднем на 10% ниже, чем из свежих руд, что безусловно влияет на экономическую эффективность разработки площадей развития выветрелых руд. Вследствие этого при детальной разведке необходимо проходить дополнительные выработки для оконтуривания выветрелых руд.

На стадии детальной разведки наряду с проходкой разведочных выработок широко используются геофизические методы разведки, позволяющие с достаточной точностью определять мощность фосфоритовых слоев и содержание в них P_2O_5 . Проведенное сопоставление результатов гамма-каротажа скважин с керном скважин большого диаметра на Чолоховском участке Егорьевского месторождения показало, что систематическое отклонение по верхнему слою

составляет $+0,01$ м (1% относительных), по нижнему оно равно нулю. Хорошие результаты дает каротаж скважин и на Каратауских месторождениях. Вследствие этого при низком выходе керна следует принимать мощности, определенные не по керну скважин, а по гамма-каротажу. Однако отсутствие возможности определения геофизическими методами количества вредных примесей, содержащихся в руде, ограничивает в настоящее время области применения их и обуславливает необходимость получения полноценного керна.

На стадии детальной разведки должны быть уточнены гидрогеологические условия разработки месторождения. Проведенными гидрогеологическими исследованиями должны быть выявлены и изучены все потенциальные ресурсы поверхностных и подземных вод, которые могут участвовать в обводнении горных выработок или быть использованы как источник водоснабжения. Кроме того, установлены и изучены водоносные горизонты и наиболее обводненные участки, определен химический состав вод, их бактериологическое состояние и агрессивность.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка). Методика доразведки фосфоритовых месторождений не отличается от методики, применяемой на стадии детальной разведки. Однако при выборе плотности разведочной сети необходимо учесть опыт разработки месторождения и в случае необходимости внести в нее соответствующие коррективы. При доразведке глубоких горизонтов на геосинклинальных месторождениях рекомендуется учитывать установленный при эксплуатации характер изменения оруденения по падению залежи, интенсивности и масштабу проявления тектонических нарушений и в зависимости от этого уточнять методику разведки.

При проведении доразведки необходимо иметь в виду, что степень разведанности месторождения в процессе эксплуатации возрастает. Это обуславливает возможность отнесения запасов к высоким категориям разведанных по редкой сети выработок или перевод запасов в более высокие категории без проходки дополнительных выработок.

Значительный объем дополнительных разведочных работ потребует при подготовке месторождений фосфоритов для разработки методом скважинной гидродобычи, если оно ранее было разведано для эксплуатации открытым способом. Необходимо будет изучить физико-механические свойства рудного пласта и покрывающих пород: степень цементации песка, особенности его гидро-размыва, прочность покрывающих пород и т. д. В результате гидрогеологических работ должны быть установлены характер обводненности рудного пласта, коэффициент фильтрации и предполагаемые водопритоки в отрабатываемые камеры. Кроме того, должны быть о контурены площади месторождения, пригодные для отработки методом скважинной гидродобычи.

Методика доразведки предусматривает совмещение геологических и гидрогеологических исследований с проведением кратковременных откачек из скважин. Одиночные скважины закладываются исходя из условий охвата всей изучаемой площади месторождения.

Эксплуатационная разведка. Задачи эксплуатационной разведки в значительной мере определяются требованиями эксплуатации. На производственном объединении «Каратау», например, необходимо подавать на обогатительную фабрику руду постоянного качества с колебаниями содержания фосфорного ангидрида не более 1,0—1,5% абс., а для нормального ведения очистных работ требуется определение мощности фосфоритового пласта с точностью $\pm 0,8$ м. Методика эксплуатационной разведки и должна обеспечить прежде всего решение этих главных задач. Проведенные исследования показали, что

изменчивость мощности продуктивного горизонта значительно превышает изменчивость содержания полезного компонента. Коэффициент вариации содержания P_2O_5 , по данным Ю. А. Кипермана, на месторождении Чулактау, например, в 4—5 раз ниже коэффициента вариации мощности рудного тела. Вследствие этого решающее влияние на выбор сети выработок для эксплуатационной разведки оказывает величина изменчивости мощности продуктивного горизонта. Анализ, проведенный методом последовательного разрежения сети выработок, показал, что суммарные ошибки в определении мощности рудного тела и содержания в нем P_2O_5 не превышают +6,9% по мощности и —2,9% по содержанию P_2O_5 при сети выработок 30×20 м. При дальнейшем разрежении сети выработок ошибка в определении мощности и содержания P_2O_5 резко возрастает и составляет соответственно +22,8 и —6,1%.

Исходя из проведенного анализа, Ю. А. Киперманом рекомендуется следующая схема эксплуатационно-разведочных работ на месторождениях геосинклинального типа.

На основных откаточных и подэтажных горизонтах через 30 м по простиранию следует проходить скважины на полную мощность продуктивного пласта. При этажно-камерной системе отработки с послышной отбойкой руды глубокими горизонтальными скважинами, разведочные скважины проходятся из штрека скреперования. Кроме опробования разведочных скважин, для уточнения контуров рудного тела, в каждом выемочном слое опробуется шлам горизонтальных отбойных скважин.

При системе отработки с подэтажными штреками и этажно-камерной системе с отбойкой вертикальными скважинами разведочные выработки проходятся на откаточных горизонтах. Дополнительное пересечение на половине высоты этажа достигается проходкой разведочных выработок из подэтажного штрека.

В условиях одностадийной системы разработки и отбойки руды вертикальными веерными скважинами разведочные выработки проходятся на откаточных горизонтах, а также на горизонте бурового штрека, проходимого по висячему боку продуктивного пласта. Уточнение контура рудного тела в разведочных сечениях достигается опробованием шлама части отбойных веерных скважин.

На месторождениях или участках месторождений, тектонически нарушенных, для своевременного уточнения положения рудного тела и его контактов, а также для уточнения гидрогеологических условий разработки тектонически нарушенного участка проходятся дополнительные скважины, объем которых составляет 30—50 м на блок.

При эксплуатационной разведке вновь нарезаемых эксплуатационных горизонтов разведочные выработки проходятся из полевого штрека.

Эксплуатационная разведка в карьере заключается в проведении погоризонтного опробования через 20—30 м с отдельными сгущениями до 10—12 м по простиранию.

Оптимальная плотность сети выработок при эксплуатационной разведке месторождений ракушечниковых фосфоритов устанавливается исходя из необходимости определения мощности и содержания P_2O_5 и MgO со степенью детальности, требуемой для нормальной деятельности горного предприятия, выявления и геометризации линз и прослоев магнезиальных оболочковых песчаников, оконтуривания безрудных площадей и зон геологических нарушений.

Проведенные В. Г. Загураевым на Кингисеппском месторождении аналитические расчеты и сопоставление данных эксплуатационных и разведочных работ показали, что оптимальные расстояния между выработками при экс-

платационной разведке ракушечниковых фосфоритов Прибалтики составляют 60—70 м на всей площади месторождения, подготавливаемой к разработке, и 30—40 м на участках развития оболочковых магнезиальных песчаников, в зонах нарушений, геологического выклинивания и наличия безрудных площадей.

Важным вопросом эксплуатационной разведки является определение времени опережения эксплуатационной разведки эксплуатации. В условиях Кингисеппского месторождения такое опережение должно составлять не менее двух лет, что обусловлено необходимостью разбуривания площади более 100 га и обработки данных 450 скважин.

Учитывая, что на обогатительную фабрику должна направляться руда определенного качества, в задачу рудничной службы комбината входит программирование работы рудничных забоев.

Весьма важным вопросом, который необходимо решить на стадии эксплуатационной разведки, является выяснение причин потерь и разубоживания руды и разработка мероприятий по снижению их. На размеры потерь и разубоживания влияют как геологические, так и технологические факторы. Влияние геологических факторов (рельеф кровли и подошвы пластов, распределение P_2O_5 и вредных примесей, наличие и характер безрудных прослоев и участков) на отдельных месторождениях проявляется по-разному. В условиях Кингисеппского месторождения, например, их влияние на величину потерь невелико: около 0,5—1,0%, при общих нормативных потерях 6—7%. Влияние геологических факторов на величину разубоживания существенно — 3,5—4,0% при общем результативном разубоживании по P_2O_5 — 5—6%. Вследствие этого принятие мер по снижению потерь и разубоживания на фосфоритовых месторождениях имеет большое народнохозяйственное значение.

Геологическая документация. Перечень вопросов, которые должны отмечаться при документации, зависит от типа месторождения, но во всех случаях при документации должны быть описаны форма и размеры рудного тела, его мощность, условия залегания, внутреннее строение, характер выклинивания, минерально-петрографический состав руд и вмещающих пород, их структурно-текстурные особенности, тектонические нарушения, трещиноватость и проявления вторичных эндогенных и экзогенных процессов изменения руд и вмещающих пород.

Фосфориты макроскопически, как правило, трудно диагностируются. Они весьма разнообразны по внешнему виду, цвету, структурно-текстурным особенностям. Поэтому в начале полевых работ необходимо ознакомиться с имеющейся эталонной коллекцией фосфоритов, характерных для данного района. Такие коллекции обычно существуют в музеях при геологических управлениях. Для новых районов в самом начале работ следует приступить к составлению эталонной коллекции и постоянно ее пополнять. Пользование эталонными коллекциями обеспечит однообразие в определении названия выявленных разновидностей фосфоритов, что весьма важно при документации.

Однако для более точного определения фосфоритов целесообразно при проведении поисковых работ применять качественные химические реакции.

Документацию фосфоритовых толщ следует производить по слоям, отбирая при этом от каждого слоя образцы для изготовления шлифов, пришлифовок и пробы для спектрального или химического анализа. При этом важно определить стратиграфическое положение выделенных слоев, их состав и структурно-текстурные особенности, мощность каждого слоя.

По текстурно-структурным признакам фосфориты чрезвычайно разнообразны. Среди них выделяются по текстуре — массивные однородные, полосчатые

брекчиевые, натечные, пористые, а по структуре — афанитовые, микрокристаллические, алевритовые и т. д. Приступая к документации, необходимо разделить фосфориты по текстуре и структуре и в дальнейшем описывать отдельно каждую текстурно-структурную разновидность. При документации желваковых фосфоритов следует тщательно описывать размер конкреций, их состав (песчаные, глинистые, глауконитовые), степень обработки, соотношение галек и желваков.

По минеральному составу фосфориты также различны. Они бывают мономинеральные, карбонатные, кремнистые, глинистые и промежуточного состава. При документации следует устанавливать минеральный состав, а для более точной диагностики отбирать образцы для изготовления шлифов. Места отбора образцов для шлифов необходимо указывать на зарисовках.

При описании зоны выветривания следует отметить ее характер, глубину распространения, вещественный состав и физико-химическое состояние.

Описывая тектонические нарушения, следует указать на то, как они проявляются (открытые или заполненные трещины, зоны дробления, брекчирования и т. д.), их простирание и падение, амплитуду смещения пластов фосфоритов, охарактеризовать трещиноватость и ориентировочно определить ее влияние на выход товарного класса и мелочи.

При документации необходимо также тщательно описывать состав вмещающих пород, указывать места отбора проб и образцов. В каждом пункте наблюдения следует замерять не только мощность каждого фосфоритового слоя, но и мощность разделяющих прослоев. Документироваться должны и породы вскрыши.

Для повышения качества геологической документации скважин при разведке месторождений целесообразно применять кернометрию и фотодокументацию скважин. Применение этих методов на Джаны-Тасском месторождении, например, позволило определить с высокой точностью элементы залегания пересекаемых скважин толщ, характер переслаивания, структурные особенности фосфоритов.

При зарисовке геологического разреза, вскрытого разведочными выработками, и естественных обнажений важно правильно определить масштаб зарисовки, который зависит от мощности залежи фосфоритов и сложности ее строения.

Как показывает опыт, масштаб зарисовок для желваковых и ракушечниковых фосфоритов, характеризующихся небольшой мощностью пластов, должен быть не мельче 1 : 20, а для массивных геосинклинальных месторождений — 1 : 50—1 : 100 при мощности пластов около 10 м; при очень большой мощности пластов принимается более мелкий масштаб — 1 : 500—1 : 1000.

Маркшейдерские планы должны обеспечить возможность составления погоризонтных геологических планов и планов опробования; обычно их составляют в масштабе 1 : 200—1 : 500. Сводные погоризонтные планы должны составляться в масштабе не мельче 1 : 1000.

Все разведочные и эксплуатационные выработки, геофизические и геохимические аномалии, естественные обнажения должны быть инструментально привязаны и нанесены на топографическую основу. Масштаб топоосновы на крупных месторождениях, занимающих большие площади, в условиях спокойного рельефа местности может изменяться от 1 : 2000 до 1 : 5000, а в некоторых случаях до 1 : 10 000. На месторождениях с сильно пересеченным рельефом масштаб топографической основы должен быть не мельче 1 : 500—1 : 1000. Топографические планы можно составлять в условной системе координат, но

с обязательной привязкой точек к общегосударственной сети триангуляции.

Опробование. Методика опробования фосфоритов и способ отбора проб во многом определяются задачами, которые ставятся перед опробованием.

Фосфориты опробуются с целью определения химического их состава и прежде всего содержания фосфорного ангидрида и вредных примесей. По данным химического опробования производится разделение фосфоритов месторождения на типы, сорта, выделение некондиционных руд и определение контуров фосфоритового пласта с кондиционным качеством руд.

Для изучения минерального состава фосфоритов, их текстурно-структурных особенностей, взаимосвязи основных породообразующих минералов применяется минералого-петрографическое опробование.

Физико-механические свойства фосфоритов: объемная масса, коэффициент разрыхления, влажность, гранулометрический состав, продуктивность руды и классов фосфоритов по крупности определяются при помощи технологического опробования.

В зависимости от решаемых задач и типа месторождения определяется способ отбора проб. Для установления химического состава руд массивных и ракушечников фосфоритов основными способами опробования являются бороздовое и керновое. Горные выработки на месторождениях массивных, зернистых и микрзернистых фосфоритов опробуются бороздой, сечение которой в зависимости от характера распределения полезных и вредных компонентов изменяется от 5×3 до 10×5 см. Проведенные Ю. А. Киперманом экспериментальные работы показали, что на месторождениях массивных фосфоритов бассейна Каратау, при эксплуатационной разведке и для целей эксплуатации сечение борозды может быть минимальным 5×3 см. Применение борозды такого сечения ускоряет отбор проб и снижает стоимость эксплуатационного опробования.

При опробовании ракушечниковых фосфоритов в горных выработках целесообразно применять борозды большого сечения (25×5 — 40×10 см) или задииковый способ.

В скважинах фосфориты этих типов опробуются по керну. В пробу отбирается половина керна фосфоритового пласта; вторая половина керна сохраняется в качестве дубликата. Керны крепких пород раскалываются обычно керноколом. В одну пробу можно включать лишь керн одного диаметра.

Опробование желваковых фосфоритов необходимо производить валовым способом. Размер валовых проб зависит от величины желваков и характера их распределения. С целью установления необходимой массы проб на Лопатинском и Ингатьевском участках Егорьевского месторождения были проведены экспериментальные работы. На основании сопоставления результатов анализов проб массой от 9 до 334 кг был сделан вывод, что проба массой в 10 кг является представительной для определения качества руды. Однако этот вывод недостаточно обоснован, так как при проведении экспериментальных работ не учитывалось влияние размеров желваков, их тип и распределение вредных примесей, обуславливающих возможность переработки фосфоритов на концентрированные удобрения. Как показывает имеющийся опыт, обычно валовая проба в 50—150 кг бывает достаточно представительной, если размер желваков не превышает 3—5 см.

В последние годы при разведке желваковых фосфоритов вместо горных выработок (шурфов) проходятся скважины большого диаметра. Как было указано выше, при диаметре скважин не ниже 168 мм керновое опробование дает удовлетворительные результаты. Опробование скважин обычного диаметра

(127 мм и менее) дает систематическое искажение содержания P_2O_5 в руде, вследствие чего для количественной характеристики содержания P_2O_5 и вредных примесей оно не применяется. Однако это не означает нецелесообразность опробования скважин обычного диаметра. Оно должно осуществляться систематически с целью выяснения характера изменения качества фосфоритов по простиранию и падению, выявления безрудных участков, а также участков развития некондиционных руд.

Отбор проб на месторождениях фосфоритов всех типов следует производить послойно, а при большой мощности слоя — секциями от 1 до 2—3 м.

Анализ опыта эксплуатационного опробования месторождений Каратау, а также результаты экспериментальных работ, проведенных Ю. А. Киперманом, показывают, что опробование эксплуатационных выработок на месторождениях этого типа можно производить бороздой сечением 5×3 см при длине секций до 3—4 м.

Пробы, отобранные как из горных выработок, так и из керна скважин, для получения материала, идущего на химический анализ, обрабатываются путем дробления и последовательного сокращения квартованием или методом вычерпывания. Представительность пробы обеспечивается правильным соотношением между массой пробы и размером кусков, которое должно соответствовать уравнению $Q = Kd^2$. Величина коэффициента K зависит от степени однородности фосфоритовых руд и устанавливается экспериментальным путем или на основе проверенных данных по аналогичным месторождениям. Обычно для фосфоритовых руд коэффициент K находится в пределах 0,1—0,3. По каждой пробе в результате ее обработки получают две конечные навески. Одна из них отсылается в химическую лабораторию, вторая остается как дубликат. Масса навески должна варьировать от 0,05 до 0,5 кг, в зависимости от числа определяемых компонентов.

При разведке желваковых и ракушечниковых фосфоритов по отдельным валовым пробам из шурфов и скважин большого диаметра отбираются пробы для изучения гранулометрического состава выделенных на месторождении промышленных типов руд. Количество проб для определения гранулометрического состава фосфоритов определяется степенью однородности их фракционного состава. Масса таких проб зависит от размеров желваков или обломков раковин. При размерах желваков или обломков раковин до 10 см масса пробы обычно составляет 50—150 кг, а при размере обломков 10—15 см — 150—200 кг.

Анализ и испытания. Независимо от целевого назначения фосфоритовых руд во всех пробах должно быть определено содержание P_2O_5 и нерастворимого остатка. Перечень других компонентов, содержание которых определяется во всех пробах, зависит от типа фосфоритов, намечаемого способа переработки и использования их.

Если использование фосфоритов лимитируется содержанием вредных примесей, определение их обычно производят по объединенным пробам, характеризующим полную мощность пласта или, при наличии различных типов руд — полную мощность слоя, сложенного данным типом руд.

Объединенные пробы составляются таким образом, чтобы можно было оценить характер распределения вредных примесей по площади месторождения. Обычно объединенные пробы составляются по каждой разведочной выработке таким образом, чтобы можно было выделить и охарактеризовать интервалы кондиционных, высококачественных и забалансовых по содержанию P_2O_5 руд. Для характеристики содержания вредных примесей в разрезе пласта по части

выработок анализу подвергаются секционные пробы. Анализ производится на все компоненты, предусмотренные кондициями. Это обычно CO_2 , MgO и P_2O_5 . В некоторых случаях, особенно для желваковых фосфоритов, предназначенных для производства концентрированных удобрений, дополнительно определяется содержание общего и кислоторастворимого Al_2O_3 , Fe_2O_3 и других компонентов в зависимости от намечаемой технологии переработки. Для фосфоритов, используемых в производстве фосфоритной муки, должно определяться содержание лимоннорастворимого P_2O_5 .

Полному химическому анализу, с определением содержания P_2O_5 , нерастворимого остатка, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , CO_2 , S общей и сульфидной, потерь при прокаливании подвергается часть объединенных проб, равномерно отобранных по площади месторождения.

В целях комплексного изучения фосфоритовых руд, особенно новых месторождений, необходимо проведение спектрального анализа типичных разновидностей фосфоритов, а в необходимых случаях химического анализа на полезные компоненты, которые, судя по результатам спектрального анализа, представляют промышленный интерес.

Руды всех месторождений фосфоритов должны быть охарактеризованы на содержание фтора.

Во избежание производства излишнего количества химических анализов при массовом опробовании (особенно крупных объектов) следует широко использовать простейшие экспрессные методы анализа для отбраковки проб. Экспрессные анализы являются также действенным средством повышения оперативности поисков и эксплуатационной разведки. Хорошие результаты дает применение фотопламенного, активационного, рентгено-радиометрического и других методов, однако возможность использования экспресс-методов должна быть доказана сопоставлением их результатов с химическими анализами.

Тесная корреляционная связь между фосфором и ураном (коэффициент корреляции 0,9) позволила в условиях Кингисеппского месторождения разработать весьма эффективный экспрессный метод определения P_2O_5 по спектральным измерениям гамма-излучения уран-радиевой составляющей естественной радиоактивности ракушечниковых фосфоритов. Измерения, осуществленные переносным сцинтилляционным спектрометром СП-3, обеспечили оперативное получение данных о содержании пятиоксида фосфора. Время определения P_2O_5 в одной расчистке около получаса.

Усовершенствование указанного метода, как показали опыты, проведенные на месторождении Маарду, позволило сократить время измерений до 15 мин и повысить точность анализа P_2O_5 до 0,6% абс.

Однако разработанная методика позволяет определять лишь содержание в руде P_2O_5 , что не дает полного представления о качестве руды.

С целью разработки методики ядерно-физического опробования фосфоритов бассейна Каратау, позволяющей определять не только содержание P_2O_5 , но и нерастворимого остатка и других компонентов (CaO , MgO , CO_2 , Fe_2O_3), а также мощностей фосфоритовых пластов, были проведены геофизические исследования.

В основе разработанной методики лежит наличие корреляционных связей между основными компонентами руд (P_2O_5 , нерастворимый остаток, CaO , MgO , CO_2 , P_2O_3) и определяемыми ядерно-физическими методами элементами (F, Si, Al, K).

Сопоставление результатов каротажа и геологического опробования показало, что средние относительные расхождения между содержаниями P_2O_5

по результатам каротажа и опробования для промышленных руд (более 15% P_2O_5) составляют 4,7%, а для забалансовых руд — 6,8% отн.; погрешность единичного определения содержания нерастворимого остатка составляет 7,9—8,6% отн., между мощностями рудных интервалов — около 5% отн. Систематические расхождения между результатами сравниваемых методов практически отсутствуют.

Секция нерудного сырья ЭТС ГКЗ СССР, рассмотрев предлагаемую методику, сочла возможным ее использование для определения мощностей фосфоритовых пластов и содержания в руде фосфорного ангидрида и нерастворимого остатка в интервалах с низким выходом керна (менее 70%) как основного метода, и как контрольного метода — по скважинам с кондиционным выходом керна.

Содержания MgO , CO_2 , Fe_2O_3 , определенные ядерно-физическими методами, могут использоваться лишь для ориентировочной оценки качества фосфоритов в процессе разработки месторождения и на стадии поисково-оценочных работ.

Немаловажную роль при оценке фосфатного сырья играют содержащиеся в нем микроэлементы. Одни из них стимулируют рост и развитие организмов, другие — напротив, оказывают токсическое воздействие.

Наибольший интерес с агрохимической и технологической точки зрения представляют микропримеси меди, кобальта, хрома, марганца, молибдена, серебра, никеля, свинца, цинка, мышьяка, ванадия, стронция.

Определение этих элементов в фосфатных рудах в настоящее время производится методом количественного спектрального анализа, по специально разработанным методикам. В целом, получаемые показатели чувствительности, точности и воспроизводимости анализа достаточно высоки. Однако разработанные методики предусматривали раздельное определение всех или почти всех перечисленных выше микроэлементов при сжигании отдельных навесок, что делало весьма трудоемким комплексное исследование микропримесей. Вследствие этого группой сотрудников ГИГХСа (Л. В. Романова, В. З. Блисковский, А. И. Маслова и др.) была проведена работа по унификации режима и параметров съемки, а также объединения в группы элементов с идентичными условиями анализа. В результате этой работы было достигнуто значительное упрощение спектрального анализа микропримесей в фосфатных продуктах. Однако полной унификации добиться не удалось. Для стронция по-прежнему лучшей остается индивидуальная методика, требующая применения буфера — угольного порошка. Мышьяк и цинк с наибольшей чувствительностью определяются в короткой ультрафиолетовой области спектра с использованием прибора Р65-2. При анализе некоторых редкоземельных элементов хорошие результаты дает применение искровых источников возбуждения. Но для ряда других примесей предложена сравнительно простая и высокопроизводительная методика, позволяющая выполнить их определение в пробах фосфатного состава при сжигании одной навески.

Качество химических анализов систематически на всех стадиях разведочных работ проверяется контрольными анализами, в которые должны быть включены все компоненты, характеризующие качество фосфоритовых руд.

Контрольные анализы проводятся путем анализа зашифрованных проб как в лаборатории, производившей анализы (внутренний контроль), так и в другой лаборатории (внешний контроль). Количество проб как для внутреннего, так и для внешнего контроля должно составлять не менее 5% от общего числа проб, подвергшихся анализам, но не менее 30 проб.

На внешний контроль, как правило, направляются пробы, подвергнутые внутреннему контролю. Методика и техника выполнения химических анализов должны обеспечивать точность анализов, не выходящую за пределы допустимых отклонений.

Отклонения от основных анализов должны быть минимальными для компонентов, когда их содержания близки к пределам, установленным условиями или ГОСТами.

Обработку результатов контрольных анализов следует производить по периодам проведения основных анализов, а также по классам содержаний компонентов. Оценка качества анализов при внутреннем контроле производится по величине случайной ошибки и по частоте ошибок, превышающих установленные нормативы. При частоте ошибок более 25% все анализы данного класса и периода бракуются.

При выявлении в результате внешнего контроля значительных систематических погрешностей рядовых анализов должно быть проведено достаточное количество арбитражных анализов (не менее 20). При подтверждении арбитражными анализами систематической погрешности вводится поправочный коэффициент. При отсутствии арбитражных анализов введение каких-либо поправочных коэффициентов не допускается.

Кроме химических анализов большое значение для оценки фосфоритов имеет их гранулометрический состав. Для сыпучих песчаных, желваковых и ракушечниковых фосфоритов применяется сухой рассев, для глинистых — мокрый с предварительным их замачиванием и отмывкой мелких классов на ситах. По результатам отсева находится выход каждого класса от исходной руды. В первый период изучения нового месторождения рассев производится обычно на пять классов: более 10 мм, 10—4 мм, 4—1 мм, 1—0,5 мм и менее 0,5 мм и для каждого класса устанавливается содержание P_2O_5 и вредных примесей. В дальнейшем на стадии детальных разведочных работ, а также на разрабатываемых месторождениях, где уже известны промышленные классы фосфоритов, рассев следует производить лишь с целью выделения одного промышленного класса и этот класс подвергать анализам на P_2O_5 и вредные примеси.

На месторождениях микрозернистых фосфоритов необходимо определять специальными работами выход при дроблении товарного класса (на месторождениях Каратау +10 мм) и мелочи.

Технологические исследования фосфоритовых руд проводятся с целью установления наиболее целесообразной схемы переработки, обеспечивающей наилучшие технологические и экономические показатели. Фосфоритовые руды почти всех месторождений нашей страны характеризуются низким содержанием P_2O_5 и вследствие этого требуют обогащения, однако в большинстве своем они трудно обогатимы.

Руды месторождений Каратау характеризуются неоднородным и сложным минерально-петрографическим составом. Содержание фосфорного ангидрида, так же как и взаимопорастание отдельных минералов, различно. В большинстве своем руды вследствие невысокого содержания P_2O_5 в естественном виде не пригодны для получения концентрированных удобрений наиболее простым и рациональным способом на основе экстракционной фосфорной кислоты. Однако небольшая часть их, представленная богатыми рудами, может быть использована для указанных целей, основная же часть руды используется для производства удобрений на основе желтого фосфора, получаемого электротермическим способом.

При дроблении и сортировке руды Каратауских месторождений образуется рудная мелочь (класс —10 мм), которая в настоящее время промышленностью не используется. Значительное количество этой мелочи (на месторождении Аксай, например, количество ее составляет 25—30% от исходной руды) обуславливает необходимость изыскания путей ее промышленного использования. Сложность заключается в том, что в мелочи преимущественно концентрируются минералы нерастворимого остатка и карбонатов и в связи с этим снижается содержание P_2O_5 . Это отрицательно сказывается на процессе флотации. Проведенные исследования позволили разработать схему и режим обогащения рудной мелочи месторождения Аксай. Схема предусматривает промывку мелочи и последующую карбонатно-фосфатную флотацию. Рекоменгуемый технологический режим позволил получить из мелочи с содержанием 23,7% P_2O_5 и 2,7% MgO фосфоритный концентрат с содержанием 29% P_2O_5 , менее 1% MgO при извлечении P_2O_5 — 80%. Однако проведенные опыты носили лабораторный характер и возможность внедрения их в промышленные условия технологически и экономически не обоснованы.

Руды Прибалтийского фосфоритоносного бассейна отличаются простотой минерального состава, крупной вкрапленностью фосфатного вещества и отсутствием цементации. Благодаря этим особенностям руды хорошо обогащаются методом флотации. Однако наличие в них доломита ухудшает качество получаемого концентрата.

Исследованиями обогатимости различных по составу фосфоритовых руд, проведенными в лаборатории обогащения ГИГХСа, была установлена зависимость качества получаемого фосфоритного концентрата от отношения содержания MgO к P_2O_5 в исходной руде. В связи с этим данное отношение может быть показателем технологической оценки руд.

Исследования обогатимости различных типов руд, выделенных по указанному соотношению, показали, что наиболее легко обогащаются малокарбонатные руды, из которых флотацией по анионной схеме получается концентрат с содержанием 29—30% P_2O_5 . Из карбонатных и сильнокарбонатных руд кондиционный концентрат (с содержанием более 28% P_2O_5) может быть получен по более сложной анионно-катионной схеме. Высокомагнезиальные руды обогащаются плохо: по анионной схеме флотации из них получается концентрат с содержанием P_2O_5 менее 19% и даже после карбонатной доводки содержание полезного компонента не достигает 25%.

Невысокое и нестабильное качество флотационных концентратов, получаемых из ракушечниковых фосфоритов Прибалтики, объясняется присутствием в руде значительного количества карбонатов, крупных зерен кварца с поверхностью, загрязненной фосфатно-глинистым веществом, и битуминозных сланцев. С целью улучшения качества флотоконцентратов в ГИГХСе были проведены дополнительные исследования, которые позволили разработать наиболее целесообразную технологию обогащения руд Кингисеппского и других Прибалтийских месторождений. Согласно этой схеме, фосфоритовые руды подвергаются крупнозернистой флотации и флотоконцентрат доводится электростатической сепарацией с реагентной обработкой. В результате получается конечный продукт с содержанием свыше 30% P_2O_5 и менее 2% MgO, который доизмельчается всухую до оптимальной тонины, непосредственно перед химической переработкой на сложные удобрения.

Из фосфоритовой руды Вятско-Камского месторождения промывкой получают продукт, который после сушки и измельчения используется как фосфоритная мука для непосредственного внесения в почву. Низкое содержание

двуокиси фосфора и высокое полуторных окислов до сих пор препятствуют использованию мытого концентрата для химической переработки на сложные удобрения.

Исследования по обогащению фосфоритов Вятско-Камского месторождения с целью получения высококачественных концентратов, отвечающих требованиям к сырью для химической переработки, проводятся ГИГХСом с 1967 г. Опыты показали, что получение кондиционных для химической переработки концентратов связано с большими трудностями. После дробления, промывки и гидравлической классификации получается черновой концентрат, содержащий 23—24% P_2O_5 , 4—5% Fe_2O_3 и 2—2,5% Al_2O_3 . Этот концентрат после измельчения обогащается с помощью магнитной сепарации. Полученный продукт магнитной сепарации подвергается электростатической сепарации. Конечный концентрат содержит 27—28% P_2O_5 , 2—3% Fe_2O_3 и 1—1,5% Al_2O_3 и пригоден для химической переработки на сложное удобрение.

В виде побочного продукта получается фосфоритная мука тонкого помола с содержанием 19% P_2O_5 . Общее извлечение полезного компонента — в пересчете на P_2O_5 в конечные продукты составляет 70% от исходной руды. Сложность процесса обогащения, невысокий процент извлечения P_2O_5 не позволяют рассматривать разработанную схему как промышленную.

Исследования, посвященные разработке технологии обогащения фосфоритов Егорьевского месторождения методом флотации также пока не дали положительных результатов из-за близости флотационных свойств минералов, входящих в рудный комплекс. Для интенсификации флотационного процесса ГИГХСом были проведены работы по применению предварительного обжига руд. По разработанной технологии была доказана возможность получения из руд месторождения концентрата с содержанием P_2O_5 30%, Fe_2O_3 — 3,8% при извлечении 61,5% P_2O_5 от исходной руды. Разработанная технология экономически нецелесообразна.

Промышленная схема обогащения желваковых фосфоритов с получением концентратов, пригодных для переработки на концентрированные удобрения, разработана для руд Чилисайского месторождения, характеризующихся более благоприятным вещественным составом.

Отсутствие для большинства месторождений желваковых фосфоритов промышленных схем получения концентратов, пригодных для переработки на концентрированные удобрения, привело к необходимости проводить работы по повышению сортности выпускаемой из этих фосфоритов фосфоритной муки. Проведенные работы показали, что агрономическая эффективность фосфоритной муки как минерального удобрения зависит от ее крупности. При доведении фосфоритов до эффективной крупности (0,05—0,06 мм) возрастает содержание лимонно-растворимой фосфорной кислоты. Трехлетние вегетационные опыты, проведенные ВИУА с просом на фосфоритной муке из фосфоритов Егорьевского месторождения, показали, что эффективность фосфоритной муки крупностью менее 0,06 мм очень близка к эффективности суперфосфата.

Меньшее влияние на агрономическую активность оказывает тонина фосфоритной муки, изготовленной из ракушечниковых фосфоритов. При внесении фосфоритной муки тонкого помола прибавка урожая приближается к прибавке, полученной при половинной дозе суперфосфата, тогда как при стандартном помоле она равна $\frac{1}{4}$ дозы суперфосфата.

Фосфориты коры выветривания Телекского месторождения по физико-механическим свойствам делятся на каменистые и рыхлые. Рыхлые фосфориты представляют собой сыпучую породу, состоящую из частиц различного по

составу и крупности материала. Они являются основным типом руды месторождения. Каменистые фосфориты из-за отсутствия закономерности их распределения не представляют собой самостоятельного геолого-промышленного типа.

Среди рыхлых фосфоритов выделяются кремнисто-глинистые и карбонатно-кремнисто-глинистые.

Опыты по обогащению кремнисто-глинистых руд (с содержанием карбонатов менее 8%) показали возможность получения концентратов, удовлетворяющих требованиям к сырью для производства желтого фосфора. Карбонатно-кремнистые руды, составляющие 10—15% запасов месторождения, обогащаются плохо. Однако и кремнисто-глинистые руды относятся к трудно обогащаемым, что обусловлено тесной взаимосвязью фосфата с породообразующими минералами.

Приведенная характеристика обогатимости фосфоритовых руд нашей страны показывает, что сложность обогащения является одной из главных причин, затрудняющих наиболее эффективное их использование.

Вследствие этого при разведке месторождений особое внимание следует уделять отбору представительных технологических проб и рациональному комплексу их испытаний. Для обеспечения представительности проб на основании изучения вещественного состава и структурно-текстурных особенностей руд выделяются их разновидности. При выделении разновидностей руд следует также учитывать требования кондиций и возможность геометризации выделенных типов руд с целью их селективной отработки. На стадии предварительной разведки при недостаточной изученности руд, разделение их на разновидности производится в основном по минеральному составу.

От каждой выделенной разновидности отбираются пробы для лабораторных испытаний с целью установления возможности и целесообразности обогащения руд и выбора принципиальной схемы их обогащения.

Масса лабораторных проб колеблется от 50 до 300 кг. На основании лабораторных испытаний устанавливается возможность обогащения выделенных типов руд по одной схеме или необходимость раздельного обогащения каждой или нескольких разновидностей руд. Для уточнения технологической схемы, выбора режима обогащения, оборудования и реагентов производятся полупромышленные или промышленные испытания обогатимости руд. В тех случаях, когда выделенные разновидности руд предполагается обогащать по одной схеме, в полупромышленную или промышленную пробу отбирается материал от каждой разновидности. В случае раздельного обогащения одной или нескольких разновидностей руд по разным схемам технологические пробы отбираются от каждой разновидности.

Массу полупромышленных или промышленных проб необходимо согласовать с организацией, которая будет производить их испытания. Обычно она изменяется от нескольких тонн до нескольких сотен тонн. Так, например, на месторождении ракушечниковых фосфоритов Тоолсе для промышленных испытаний была отобрана 30-тонная проба, а для таких же испытаний на месторождении желваковых фосфоритов Чилисай она составляла 400 т.

Объемная масса фосфоритовых руд определяется путем выемки целиков, размеры которых зависят от типа фосфоритов и обычно составляют 1 м³ для массивных и ракушечниковых фосфоритов и 2—3 м³ — для желваковых фосфоритов и фосфоритов коры выветривания. При наличии на месторождении нескольких типов руд объемная масса их определяется для каждого выделенного типа. На глубоких горизонтах, не вскрытых горными выработками, объем-

ная масса массивных фосфоритов может определяться в лабораторных условиях на достаточно большом числе образцов, количество которых зависит от однородности фосфоритовых руд. При определении объемной массы по лабораторным образцам целесообразно устанавливать корреляционную зависимость объемной массы от содержания P_2O_5 и других компонентов. Надежное установление такой зависимости возможно при количестве определений не менее 25—30.

Одновременно с определением объемной массы руды производится определение ее влажности. Определение влажности руды не в момент ее выемки и взвешивания, а также определение объемной массы и влажности в разных точках горных выработок может привести к ошибочным результатам, так как объемная масса сухой руды, в которой подсчитываются запасы фосфоритов, устанавливается путем введения на объемную массу руды в естественном состоянии поправки на влажность.

Для желваковых и ракушечниковых фосфоритов необходимо определить по валовым пробам коэффициент разрыхления. Определяется он по формуле

$$K_p = \frac{V_2}{V_1},$$

где V_1 — объем руды в плотном состоянии; V_2 — объем руды в разрыхленном состоянии.

Коэффициент разрыхления необходим для расчета объема руды, подлежащей транспортировке на обогатительную фабрику.

Комплексность изучения. Месторождения фосфоритов в настоящее время в большинстве своем рассматриваются как мономинеральные, ценным компонентом в которых является только фосфорный ангидрид. Между тем, фосфориты являются крупным источником фтора и редкоземельных элементов, которые могут быть извлечены в процессе комплексной их переработки на фосфорную кислоту и концентрированные удобрения. Вследствие этого при проведении разведочных работ на месторождениях фосфоритов необходимо определять и учитывать содержащийся в фосфоритах фтор, на основе спектрального анализа устанавливать, какие попутные компоненты в них содержатся в концентрациях, представляющих практический интерес.

Актуальной проблемой является утилизация попутно залегающих с фосфоритами других полезных ископаемых. На месторождениях Каратау это, прежде всего, фосфатно-кремнистые сланцы, промышленное освоение которых улучшит условия эксплуатации месторождений, даст дополнительный прирост фосфорного ангидрида и освободит от необходимости ввода в шихту кремнистых материалов, не содержащих фосфор.

Извлечение фосфора также возможно из глауконитовых песков, развитых на месторождениях желваковых фосфоритов Центра.

При разработке желваковых фосфоритов Центра может также извлекаться и использоваться мел для получения известковой муки, а также глауконит, как минеральный пигмент и калийно-борное удобрение.

На месторождениях ракушечниковых фосфоритов Прибалтики практический интерес могут представлять: глауконитовый песчаник как сырье для производства минеральных пигментов и алюмокалиевых квасцов, диктионовый сланец — как источник теплоэнергии, известняки — как сырье для производства щебня.

Большое значение имеет также утилизация отходов технологической переработки фосфоритов, в частности фосфогипса, утилизация и хранение которого представляют большие трудности. Между тем, фосфогипс может

рассматриваться как ценный продукт для народного хозяйства. Намечаются два направления использования фосфогипса:

1) получение сульфата аммония, цемента и серной кислоты или элементарной серы и цемента; 2) переработка на вяжущие материалы.

Из приведенного видно, что решение задач рационального и комплексного использования сырья месторождений фосфоритов будет способствовать увеличению ресурсов минерального сырья, повышению экономической эффективности предприятий, разрабатывающих фосфоритовые месторождения, и охране окружающей среды.

Вследствие этого в задачу геологов, разведующих месторождения фосфоритов, входит определение технологической возможности и экономической целесообразности использования всех полезных ископаемых и ценных компонентов, имеющихся на месторождении.

СЕРА

Сера представляет собой химический элемент третьего ряда, шестой группы периодической таблицы Менделеева. Ее порядковый номер 16, средняя атомная масса встречающейся в природе серы 32,066. Состоит она из смеси стойких изотопов S^{32} , S^{33} , S^{34} и S^{36} , причем преобладает изотоп S^{32} (95,1%).

Сера — элемент химически весьма активный, выступающий и как окислитель, и как восстановитель. Как окислитель она имеет валентность — 2, вступает в реакцию со многими другими элементами, образуя различные соединения. Кроме того, она сама может окисляться, валентность ее в этом случае составляет 4 и 6.

В отличие от большинства других химических элементов сера обладает высокой степенью полиморфизма, т. е. способностью при различных внешних условиях (температуры, давления и т. п.) изменять свою структуру, а в связи с этим и физические свойства. При нормальной температуре сера — твердое вещество желтого цвета, при понижении температуры сера светлеет, цвет ее при температуре жидкого воздуха приближается к белому.

Сера кристаллизуется в двух системах — ромбической и моноклинной. Ромбическая сера устойчива при температуре ниже $95,5^{\circ}C$. Моноклинная сера образуется при затвердевании охлаждающейся массы жидкой серы. Устойчива она в пределах температур $95,5-119^{\circ}C$.

Все кристаллические и некоторые аморфные формы серы растворимы в сероуглероде при нормальной температуре, однако, если раствор охлаждается до температуры ниже 44° , часть серы остается нерастворенной и выделяется в виде осадка. Плавится сера при температуре $114-119,8^{\circ}$, превращаясь в подвижную желтую жидкость. При температуре выше 160° жидкая сера сначала буреет, а затем становится вязкой темно-коричневой массой. При дальнейшем повышении температуры (более $187,8^{\circ}$) вязкость начинает уменьшаться и при 300° сера снова становится жидкой. Кипит сера при $444,6^{\circ}$. Температура воспламенения серы на воздухе, по данным различных авторов, изменяется от 214 до 280° .

При температуре 360° и выше сера энергично взаимодействует с кислородом, образуя сернистый газ (SO_2). С водородом при температуре около 400° сера дает сероводород, способный при дальнейшем повышении температуры диссоциировать, а при 1690° полностью разлагается на воду и серу.

При нагревании серы с едкими щелочами или с водными растворами аммиака образуются полисульфиды и тиосульфиды.

В воде сера не растворяется, но сравнительно хорошо растворима в органических растворителях и сероуглероде. Концентрированная серная кислота на холоде на серу почти не действует. При нагревании серы с серной кислотой до температуры 200° выделяется сернистый ангидрид. Соляная кислота в присутствии окислителей, азотная кислота, а также царская водка окисляют серу до серной кислоты.

Высокая подвижность серы в природных условиях обуславливает возможность ее нахождения как в самородном виде, так и в виде различных ее соединений. Источниками промышленного получения серы в настоящее время

Таблица 7

Требования к качеству природной серы (по ГОСТ 127—76), (%)

Показатель	Норма для						
	природной, сорт				газовой, сорт		
	9995	9990	9950	9920	9998	9985	9900
Содержание серы, не менее	99,95	99,90	99,50	99,20	99,98	99,85	99,00
Содержание золы, не более	0,03	0,05	0,2	0,4	0,02	0,1	0,4
Содержание кислот, в пересчете на H ₂ SO ₄ , не более	0,002	0,004	0,01	0,02	0,003	0,005	0,02
Содержание органических веществ, не более	0,03	0,06	0,3	0,5	Не нормируется		
Содержание мышьяка, не более	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,01	0,05
Содержание селена, не более	0,000	0,000	0,000	0,04	Не нормируется		
Содержание железа, не более	0,02	0,02	0,02	Не нормируется			
Содержание марганца, не более	0,001	0,001	0,001	Не нормируется			
Содержание меди, не более	0,001	0,001	0,001	Не нормируется			
Содержание влаги, не более	0,1	0,2	1,0	1,0	0,02	0,2	0,5

являются: самородная сера, сера, содержащаяся в природных газах, в состав которых входит сероводород, сера, содержащаяся в нефти и колчеданных рудах. В ряде стран серу извлекают из ангидрита и гипса. В последние годы разработана технология получения серы из сероводородных вод. В настоящей работе рассматривается методика поисков и разведки лишь месторождений самородной серы, так как сера в других месторождениях является попутным компонентом и ее поиски и разведка осуществляются исходя из требований к основному полезному ископаемому.

Общие сведения о самородной сере и требования промышленности к ее качеству. Самородная сера представляет собой минерал, цвет которого меняется от светло-желтого до коричневого или бурого. Она отличается пониженным содержанием тяжелого изотопа S³⁴ и соответственно высоким значением отношения S³² : S³⁴, составляющим 22,2—22,7. Самородная сера имеет твердость 1—2, удельную массу 2—2,1 и обладает большой хрупкостью.

Требования, предъявляемые к качеству природной серы, регламентируются ГОСТ 127—76, согласно которому по физико-химическим показателям она должна соответствовать требованиям, приведенным в табл. 7.

Сера, используемая в целлюлозно-бумажной промышленности, не должна содержать селен. В сере, используемой сероуглеродной промышленностью и для производства серной кислоты по короткой схеме, иногда по требованию потребителей ограничивается содержание битумов, которое в сере первого сорта не должно превышать 0,15%.

Генетические типы месторождений самородной серы и их промышленное значение. Высокая подвижность серы создает возможность образования ее месторождений различных генетических типов. Всеми исследователями месторождения самородной серы делятся на две основные генетические группы: осадочные и вулканогенные. Они резко отличаются по условиям залегания, составу руд и размещению. В настоящее время при разведке месторождений самородной серы широко используется классификация А. С. Соколова (1961).

В группе вулканогенных месторождений он выделяет четыре типа: излившиеся, сублиматы, гидротермы и вулканогенно-осадочные.

Излившиеся месторождения самородной серы образуются в результате излияния через жерло или боковые трещины вулканов жидкой расплавленной серы, застывающей на склонах вулканических конусов в виде так называемых серных потоков.

Месторождения этого типа встречаются весьма редко и обычно характеризуются небольшими размерами. Лишь в отдельных случаях образуются скопления почти чистой самородной серы в несколько сотен тысяч тонн. В СССР месторождения этого типа неизвестны.

Месторождения вулканических сублиматов образуются за счет выделений сернистого газа или сероводорода через фумаролы и моффетты, а также отложения серы непосредственно в кратерах вулканов, на их склонах или в ближайших окрестностях. Серные залежи на месторождениях этого типа обычно мелкие, имеют вид потоков или корок мощностью до нескольких метров. Содержание серы высокое, что определяет в некоторых случаях их промышленное значение. Встречаются они в СССР на Курильских островах.

Месторождения вулканических гидротерм связаны с деятельностью горячих или слаботермальных сернистых источников. Месторождения этого типа весьма различны по своим размерам — от мелких скоплений до крупных залежей. В СССР известны они на Курильских островах и на Камчатке. Крупные залежи, запасы на которых иногда достигают сотен тысяч и даже миллионов тонн, имеют существенное практическое значение.

Вулканогенно-осадочные месторождения образуются при выделении серо-содержащих растворов и газов из дна кратерных озер и при отложении элементарной серы в толще озерных илов. Размер залежей может достигать нескольких сотен метров в поперечнике, а мощность сероносных отложений — 10—25 м. Месторождения этого типа в СССР известны на Курильских островах и Камчатке и в ряде случаев могут иметь промышленное значение.

Типичным представителем вулканогенных месторождений серы является месторождение Новое (рис. 14). Находится оно в центральной части о-ва Итуруп.

В стратиграфическом разрезе месторождения принимают участие отложения от верхов нижнечетвертичных до современных.

Вулканические породы в районе месторождения на площади около 17 км² гидротермально изменены с образованием формации вторичных кварцитов: пропилитов, аргиллитов, опалитов. С породами максимальной степени гидротермальной переработки (опалитами) связано промышленное серное оруденение. В незначительных количествах (до 10%) сера присутствует и в остальных фазах — аргиллитах и пропилитах.

По территориальному расположению, особенностям геологического строения и морфологии на месторождении выделено шесть участков, из которых наиболее перспективным из них признан Западный. Занимает он северо-западный сектор гребня кальдерной котловины. Продуктивный серосодержащий

горизонт вторичных кварцитов мощностью до 200 м на участке залегает в виде моноклинали, наклоненной к северо-западу под углами 5—20°.

В пределах горизонта выделено до восьми обособленных, местами сливающихся рудных залежей, мощностью от первых единиц до 40—50 м. Залежи имеют вид пластообразных тел резко изменчивой мощности. Содержание серы в рудах изменяется в пределах 20—30% с отдельными отклонениями до 10,7%. Минеральный состав руд сравнительно однообразен. Основные рудообразующие минералы: кварц, опал и сера; парагенетические — пирит, мельниковит, алузит, реже гипс и барит.

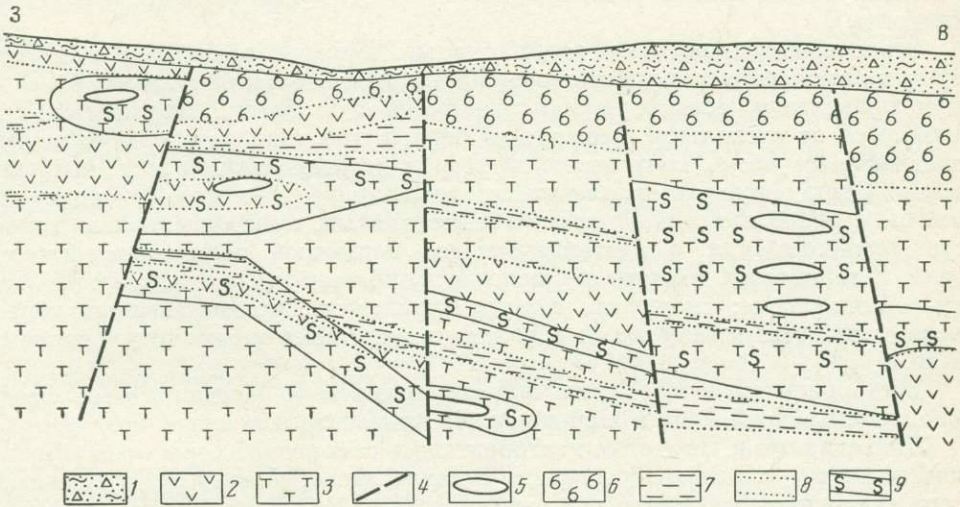


Рис. 14. Геологический разрез месторождения самородной серы:

1 — аллювиально-делювиальные отложения; 2 — андезиты; 3 — псефито-агломератовые-литокластические туфы среднего состава; 4 — геологические нарушения; 5 — линзы пустых пород; 6 — агломератовые лито-кристаллокластические туфы и лахоровые образования среднего состава; 7 — псаммитовые и алевритовые туфы и туффиты среднего состава; 8 — границы первичных пород; 9 — границы сернистых залежей

Серя в руде находится в виде вкрапленников и прожилков, она образует сростки с кремнистыми минералами, тонко рассеяна по всей массе породы, что обуславливает сложность технологической переработки руд. Содержание вредных примесей (мышьяка, селена, гипса и битумов) в рудах не превышает допустимых пределов.

По морфологическому признаку среди осадочных месторождений самородной серы А. С. Соколов выделяет три типа: солянокупольные, пластовые и пластообразные, а также линзовидные и гнездовые залежи.

Солянокупольные месторождения серы приурочены к кепрокам соляных куполов. Несмотря на то, что соляные купола известны во многих странах мира, в том числе и в СССР, промышленные месторождения этого типа встречаются редко и в Советском Союзе не установлены, однако, учитывая, что районы развития соляных куполов используются в нашей стране широким распространением, открываются возможности к выявлению их и в СССР. Сероносные залежи в кепроках соляных куполов обычно приурочены к нижней части карбонатной зоны кепрока, мощность которой нередко достигает нескольких десятков метров. Самородная сера выполняет каверны, трещины в известняках или пропитывает их. Содержание серы на месторождениях этого типа

колеблется от 20 до 50%. Форма залежей различна. Чаще всего серная залежь в виде шапки облекает поверхность купола, имеет неправильные очертания и сильно изменчивую мощность. Размеры залежей колеблются также в значительных пределах: от нескольких десятков до сотен и даже тысяч метров. Залегают они на глубине от 50—100 до 600—800 м.

Пластовые и пластообразные месторождения самородной серы тесно связаны с лагунно-морскими отложениями сульфатно-карбонатного состава.

Осернение приурочивается к определенным пачкам, горизонтам и отдельным пластам карбонатных пород (известняки, доломиты, мергели и т. д.), контактирующим или переслаивающимся с сульфатными породами (гипсы, ангидриты).

Сероносные залежи чаще всего довольно четко обособлены от вмещающих пород и, вытягиваясь согласно общему их напластованию, имеют более или менее правильную пластовую или пластообразную форму. Мощность залежей изменяется от нескольких десятых до первых десятков метров, а размеры их колеблются от нескольких десятков метров до нескольких квадратных километров. Самые крупные скопления серы и наиболее высокие ее концентрации связаны с более или менее чистыми известняками, преимущественно хемогенного происхождения, характеризующиеся первичной пелитоморфной структурой. В горизонтах доломитов и доломитизированных известняков содержание серы обычно ниже; скопления серы в отложениях, представленных мергелистыми, глинистыми и другими образованиями имеют резко подчиненное значение.

Месторождения этого типа широко развиты в Предкарпатье, Среднем Поволжье, Средней Азии и имеют важное промышленное значение.

Линзовидные и гнездовые месторождения самородной серы в значительной своей части по условиям образования и нахождения, составу руд и вмещающих пород аналогичны пластовым и пластообразным. Вследствие этого они не могут рассматриваться как самостоятельный генетический тип. Более правильно было бы выделять их как отдельный промышленный тип, поскольку эти месторождения характеризуются меньшими размерами и более сложной морфологией, что снижает их промышленное значение.

К этому же типу А. С. Соколов относит довольно широко распространенные сравнительно небольшие сероносные залежи, образование которых тесно связано с приповерхностными зонами, характеризующимися окислительными условиями. В районах аридного климата эти залежи связаны с породами, измененными сернокислотным выветриванием, и сложены квасцовыми, опалитовыми (трепеловидными) и гипсовыми рудами. На некоторых месторождениях залежи этого типа сложены осерненными конгломератами и песчаниками. Месторождения характеризуются изменчивой мощностью и довольно сложной морфологией залежей, имеющих форму линз, гнезд или неправильные очертания. Концентрация серы обычно также невыдержана даже на весьма небольших расстояниях. Вещественный состав руд различен: известняковые, кальцит-доломитовые, песчанистые, конгломератовые, мергелистые, глинистые, гипсовые, опалитовые, квасцовые и др. Размеры сероносных залежей чаще всего составляют несколько десятков метров и лишь изредка достигают 100 м и более, однако встречаются линзовидные залежи, имеющие длину в несколько сотен метров при мощности в несколько десятков метров.

Линзовидные и гнездовые месторождения характеризуются, как правило, небольшими запасами, что ограничивает возможность их промышленной разработки, однако небольшая глубина их залегания, наличие руд с высоким

содержанием серы обуславливают возможность их промышленного освоения. В СССР месторождения этого типа известны в Средней Азии, Средневожском районе и др.

Типичными представителями осадочных месторождений серы являются Язовское на Украине и Гаурдакское в Туркменской ССР.

Язовское месторождение находится в северо-западной части Предкарпатского сероносного бассейна, сложенного осадочными породами мелового, неогенового и четвертичного возраста (рис. 15). Промышленная сероносность бассейна связана с известняками днестровского горизонта (верхнетортонский

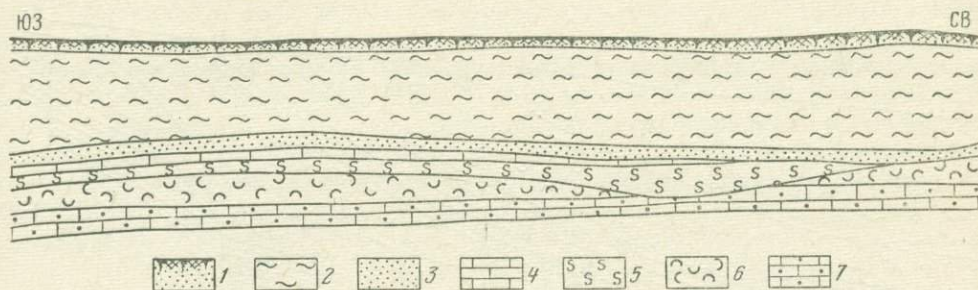


Рис. 15. Геологический разрез Язовского месторождения серы:

1 — суглинки, пески, гравий, галечник; 2 — глины аргиллитовые, известковистые; 3 — песчаник глинистый; 4 — неосерненный известняк; 5 — известняк осерненный; 6 — гипсы и ангидриты; 7 — известняки органогенные

подъярус неогена), которые слагают крупную пластообразную залежь, полого (4°) погружающуюся на северо-запад.

Ширина залежи на месторождении изменяется от 350 м до 3 км. По простиранию длина ее составляет 15 км. Залежь характеризуется резкой изменчивостью мощности, которая колеблется от нескольких сантиметров до 33 м, при средней 12,6 м. Серные руды в основном представлены известняками, глинистые руды и осерненные песчаники имеют локальное распространение. Среднее содержание серы — 29,1%. Сероносные известняки подстилаются гипсо-ангидритами и гипсами днестровского горизонта, с которыми известняки связаны постепенными переходами. В местах их отсутствия серные руды залегают на литомниевых известняках или песчаниках нижнего тортон. Покрываются они неосерненными известняками, мергелями, глинами ратынского горизонта и песчано-глинистыми отложениями косовской свиты нижнесарматского подъяруса, на которых залегают четвертичные аллювиальные песчано-галечные и галечно-валунные отложения. Общая мощность покрывающих сероносный пласт пород изменяется от 130—160 м в южной части до 300—420 м — в северной.

Сероносные известняки закарстованы, кавернозны, пористы. Карстовые пустоты заполнены глиной и обломками известняка.

Гаурдакское месторождение приурочено к периклинальному окончанию Гаурдакской брахиантиклинали, осложненной рядом дорудных дизъюнктивных нарушений. По литологическому составу слагающих пород гаурдакская свита подразделяется на две толщи — сульфатно-карбонатную (нижнюю) и соляную, примерно равные по мощности (около 400 м). На площади месторождения соляная толща полностью смыта, а сульфатная обнажена.

К нижней ее части, называемой сероносной подсвитой, приурочены сероносные залежи (рис. 16). Установлено, что все сероносные залежи месторождения прямо связаны с дизъюнктивными нарушениями или зонами дробления. Вследствие приуроченности сероносных залежей к тектоническим зонам дробления рудные тела по форме напоминают очень полого падающие жилы, горизонтально залегающие рудные столбы и линзовидные тела, чрезвычайно быстро выклинивающиеся в сторону висячего крыла и более постепенно — в сторону лежащего крыла нарушения. Отношение мощности, ширины и длины основных рудных тел составляет в среднем 1 : 2 : 200. Несмотря на довольно сложные

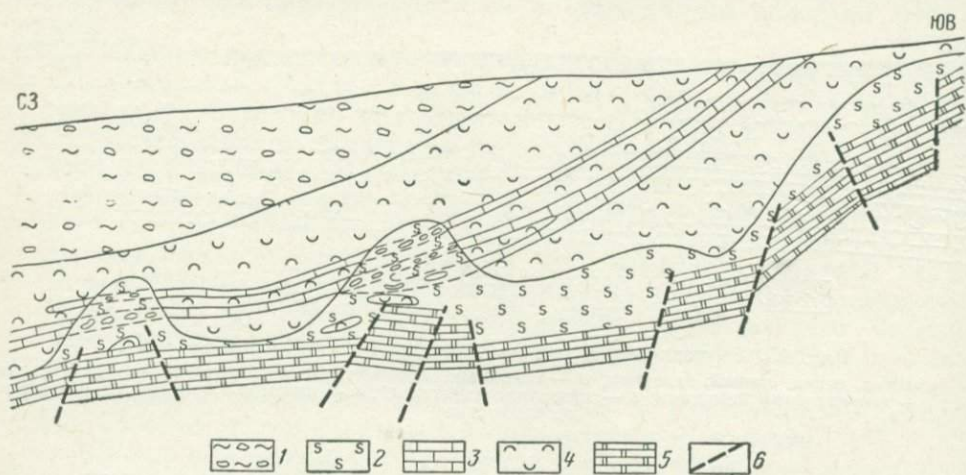


Рис. 16. Схематический геологический разрез Гаурданского месторождения серы: 1 — глины, песчаники, галечники, брекчии; 2 — известняки с серой; 3—4 — известняки и гипсоангидриты гаурданской свиты; 5 — известняки верхней юры; 6 — разрывные нарушения

и разнообразные формы сероносных залежей, их закономерная приуроченность к зонам дробления благоприятствует разведке и эксплуатации месторождения.

На месторождении развиты в основном известняковые (95% всех руд) и гипсовые руды (5%). Мергельные и глинистые руды встречаются чрезвычайно редко. По интенсивности осернения выделяются бедные (6—8% серы), средние (8—20%) и богатые (более 20%) руды. Все руды характеризуются хорошими и удовлетворительными технологическими свойствами.

Разработанная А. С. Соколовым классификация удобна для использования в практике разведки и промышленной оценки месторождений самородной серы, однако, как правильно отмечает Н. П. Юшкин (1969), она «не раскрывает полностью механизма рудообразующих процессов», что затрудняет ее использование при проведении поисковых работ и выделении перспективных районов для постановки поисков. В связи с этим Н. П. Юшкиным (1969) была разработана новая классификация, в основу которой положено деление всех серных месторождений по генетическим признакам, но с учетом морфологии залежей, характера вмещающих пород и парагенезиса серы. Это делает ее весьма полезным для использования на стадии поисковых работ.

Классификация Н. П. Юшкина в отношении вулканогенных месторождений почти тождественна классификации А. С. Соколова, вследствие чего она здесь не приводится.

Месторождения серы осадочного происхождения Н. П. Юшкиным разделяются на две подгруппы: сингенетические и эпигенетические. Однако на практике разделение осадочных серных месторождений на эти две подгруппы весьма затруднительно.

Среди сингенетических месторождений Н. П. Юшкин выделяет два типа: современные серосодержащие осадки и древние сингенетические. Современные серосодержащие осадки могли образоваться двумя путями: с источником серы вне водоема и с источником внутри водоема. В первом случае месторождения представлены осадками озер, чаще всего расположенных в нефтеносных областях. Сероносные тела имеют линзообразную форму, значительные размеры по площади, но небольшую мощность (десятки сантиметров); содержание серы высокое. Во втором случае месторождения приурочены к грязевым озерам, находящимся в прибрежной части некоторых заливов. Месторождения также имеют линзовидную форму, большую площадь распространения полезного ископаемого, при незначительной мощности залежи и невысоком содержании серы.

В Советском Союзе современные серосодержащие осадки в настоящее время промышленного значения не имеют.

Древние сингенетические месторождения локализуются в породах прибрежно-морских, лагунных и озерных фаций. Прослеживаются они на очень больших площадях, но представлены незначительными линзочками, пропластками и скоплениями конкреций. Промышленного значения не имеют.

Среди эпигенетических месторождений Н. П. Юшкин выделяет пять типов: современные отложения минеральных источников и рудничных вод, метасоматические, выполнения, разложения серосодержащих битумов и разложения сульфидов.

Современные отложения минеральных источников и рудничных вод образуются путем окисления сероводорода свободным или растворенным в поверхностных водах кислородом. Встречаются они в нефтеносных областях и представлены колломорфными агрегатами, натечными формами, небольшими линзами и телами сложной формы. Промышленного значения не имеют.

Метасоматические месторождения образуются путем растворения гипса (частично) и известняков, редукции сульфатредуцирующими бактериями сульфат-иона, окисления сероводорода и отложения серы на месте растворенного гипса. Характерен также привнос серы, иногда довольно значительный. Месторождения этого типа встречаются как в складчатых областях, так и на платформах, а также в кепроках соляных куполов. В первых двух случаях месторождения представлены пластовыми, пластообразными или линзообразными залежами, значительной, часто изменчивой мощности, с высоким содержанием серы. К этому типу относятся основные месторождения Советского Союза: Предкарпатские и Средневожские — на платформе, Шорсу, Чангырташ, Гаурдак — в складчатых областях. Промышленное значение их велико.

Месторождения, приуроченные к кепрокам соляных куполов, представлены линзообразными залежами или залежами неправильной формы. Небольшие месторождения этого типа известны в Урало-Эмбенском районе.

Месторождения выполнения характеризуются тем, что они оторваны от сероводородпроизводящих очагов. Встречаются они в нефтеносных районах, вокруг кратеров грязевых вулканов, на выходах на поверхность тектонических сероводородподводящих зон и в других условиях. Месторождения имеют линзообразную, штокообразную форму залежей или залежей неправильной формы. К этому типу Н. П. Юшкин относит месторождения Шорсу и ряд проявлений серы. Промышленное значение их небольшое.

Месторождения разложения серосодержащих битумов имеют линзообразную или неправильную форму. Промышленного значения не имеют. Они представлены обычно скоплениями землистой, тонкокристаллической или кристаллической серы или конкрециями в линзообразных телах или телах неправильной формы. Промышленного значения не имеют.

В настоящее время наибольшее практическое значение имеют осадочные месторождения, в которых сосредоточено более 90% мировых запасов серы. Они дают около 95% всей добычи самородной серы. Сера в осадочных месторождениях СССР почти всегда приурочена к карбонатным породам. По преобладающему составу породообразующих минералов серные руды подразделяются на известняковые, кальцит-доломитовые, глинисто-известняковые, глинистые, песчанистые, гипсовые, трепеловые.

Известняковые руды характеризуются высоким содержанием серы, которое на разных месторождениях в среднем равно или близко к 25%.

Известняковые руды разделяются на прожилковые и вкрапленные. Прожилковые (или полосчатые) и крупновкрапленные руды содержат большое количество крупнокристаллического кальцита, что обеспечивает хорошую их обогатимость. Известняковые руды с тонковкрапленным осернением представляют собой тончайшее взаимопрораствание серы с известняком, что даже при тонком их измельчении не обеспечивает достаточное раскрытие сростков серы с пустой породой и обуславливает невысокие показатели флотационного обогащения. Известняковые руды являются основным типом руды на месторождениях Предкарпатья, Гаурдак-Кугитагского сероносного бассейна, Средневожского бассейна и др.

Кальцит-доломитовые руды от известняковых отличаются более низким содержанием серы — в среднем 12—14% и более высоким содержанием гипса. Обогащаемость их удовлетворительная. Руды этого типа встречаются на месторождениях Средневожского бассейна.

Глинисто-известняковые руды представлены глинами с отдельными обломками серосодержащих известняков. Руды этого типа широко представлены на Любенском, Раздольском и северо-восточной части Немировского месторождения в Предкарпатья.

Глинистые руды представлены мергелями и глинами с серой. Присутствие в руде рыхлых глинистых продуктов с большим количеством шлама вредно влияет на ход флотации и плавки. Руды этого типа в небольших количествах встречаются на Предкарпатских месторождениях.

Песчанистые руды представлены песчаниками или песчано-известковистыми породами с серой. Такие руды встречаются в пределах Сурхан-Дарьинского района в Узбекистане и в северо-западной части Предкарпатского бассейна.

Гипсовые руды состоят из известняков, содержащих в большом количестве гипс или ангидрит (свыше 30%). Присутствие в рудах гипса и ангидрита снижает эффективность обогащения, а при большом его количестве (свыше 30%) требует специальных методов обогащения. Руды этого типа встречаются на Гаурдакском месторождении в Туркмении.

Трепеловые руды представлены осерненными трепелами. Технологически они освоены и разрабатывались на месторождении Шорсу. В настоящее время почти полностью отработаны.

На некоторых месторождениях серные руды отличаются повышенным содержанием битумов и подразделяются на битуминозные с содержанием битумов выше 1,5%, среднебитуминозные с содержанием битумов 0,2—1,5% и слабобитуминозные с содержанием битумов ниже 0,2%.

Серные руды вулканогенных месторождений обычно связаны с продуктами извержений.

Промышленные концентрации серы чаще всего приурочены ко вторичным кварцитам, которые разделяются на две фациальные разновидности: сульфидно-алунито-серные (Малетойваямское месторождение) и малосульфидные серные опалиты (Ветроваямское месторождение).

На вулканогенных месторождениях выделяются несколько типов руд: серно-алунитовые, серные кварциты, каолин-алунит-кварцевые породы, каолин-кремнистые породы, монокварциты, сульфидно-кварцевые породы, осерненные опалиты, агломератовидные породы и др. Наибольший практический интерес представляют серно-алунитовые кварциты, серные кварциты, осерненные опалиты и агломератовидные породы. Содержание серы изменяется в широких пределах (от 5 до 50%), составляя в среднем по месторождениям 15—18%. Руды могут обогащаться флотацией, однако часто вследствие тонкого прорастания слагающих их минералов они труднообогатимы и требуют применения сложных процессов обогащения.

По условиям залегания, строению залежей, выдержанности мощности и качества руд и по их структурно-текстурным особенностям промышленные месторождения самородной серы Советского Союза могут быть подразделены на три типа: крупные, средние, мелкие.

Крупные пластовые залежи, относительно выдержанные по мощности и качеству руд. К этому типу относятся Раздольское, Язовское и другие месторождения Предкарпатского бассейна, а также Алексеевское в Поволжье.

Средние по размерам пластообразные и линзовидные залежи, относительно выдержанные по мощности и качеству руд. Примером месторождений этого типа могут быть Гаурдакское, Каракумское в Туркмении, Малетойваямское и Ветроваямское на Камчатке, Новое на Курильских островах и др.

Мелкие линзовидные и гнездообразные залежи, не выдержанные по мощности и качеству руд. К ним относятся месторождения Курильских островов (Океанское, Кальдерное и др.), отдельные мелкие участки Каракумского месторождения, ряд небольших месторождений Урало-Эмбенского бассейна и др.

Поисковые работы. Сера, обладая большой подвижностью, образует месторождения различных генетических типов, что и обуславливает различные геологические предпосылки для поисков серных месторождений. Одной из важнейших закономерностей размещения осадочных месторождений серы является связь их с породами определенного состава. Отсюда главнейшими предпосылками для поисков таких месторождений являются фациально-литологические. Наиболее крупные промышленные месторождения серы локализуются почти исключительно в карбонатных породах (известняках, доломитах, мергелях, известковистых глинах), контактирующих или перемежающихся с сульфатными породами — гипсами и ангидритами. Развитие подобных сульфатно-карбонатных комплексов является основанием для постановки поисков работ на серу в районе их обнаружения.

Промышленные скопления самородной серы известны в осадочных толщах разного возраста — от кембрийских до четвертичных, но в каждом конкретном случае их приуроченность к определенным стратиграфическим подразделениям достаточно четкая. Установление соответствующих стратиграфических горизонтов и является предпосылкой для постановки поисковых работ.

Серные месторождения известны в различных геотектонических зонах земной коры: зонах платформенных структур (Средневожские месторождения),

краевых частей платформ (Предкарпатский и Керченский бассейны), предгорных прогибах и впадинах (Актюбинское Приуралье, Ферганская депрессия, Чу-Сарысуйская впадина, Улькун-Бурултауский массив), складчатых областях (Гаурдак).

Для серных месторождений каждой геотектонической зоны характерны определенные размеры и форма рудных тел, специфические особенности строения и состава продуктивных толщ.

На месторождениях внутриплатформенных структурных зон, например, продуктивные отложения представлены чередованием маломощных (6—8 м) сульфатных и карбонатных слоев. Рудные тела имеют средние мощности 1—5 м и многократно повторяются в разрезе. Протяженность месторождений от нескольких до 10 км и более при ширине 1—2 км.

На Предкарпатских месторождениях краевых зон платформ продуктивная пачка характеризуется наличием мощных гипсового и карбонатного горизонтов. Мощности рудных тел достигают 20 м и более, протяженность их от нескольких до 10 км, при ширине 0,5—1,0 км.

Анализ условий размещения серных месторождений по отношению к геоструктурным элементам показывает, что залежи серы, как правило, располагаются и концентрируются вдоль границ относительно положительных структур с отрицательными.

Серные месторождения тяготеют преимущественно к положительным тектоническим структурам — антиклиналям, брахиантиклиналям, куполам, куполовидным и горстообразным поднятиям и т. д. Установлено, что наиболее перспективными в отношении сероносности являются структуры с разрушенным сводом и лишённые изолирующих покровов. В районах развития складчатых структур сероносные залежи локализируются в сводовых и замковых частях, а также на крыльях, обращенных и погружающихся в сторону прилегающих геоструктурных прогибов. В областях со спокойным залеганием пород (платформ) сероносные залежи обычно располагаются на моноклиналях, полого падающих в сторону впадин и прогибов, а в пределах моноклиналей сера локализуется на пологих куполовидных поднятиях и флексурных изгибах, осложняющих строение моноклиналей. На многих месторождениях установлена отчетливая связь серных залежей с разрывными нарушениями. Имеющиеся к настоящему времени материалы по серным месторождениям СССР и других стран свидетельствуют о том, что их образование связано с тектонической деятельностью альпийского орогенеза ранних и новейших стадий.

Месторождения серы образуются и обычно находятся в зоне смещения и взаимодействия сульфатных вод с глубинными хлоридно-щелочноземельно-натриевыми рассолами (нефтяные воды), в присутствии выделяющихся углеводородов. Господствующее положение при этом имеют сульфатные, нередко сероводородные воды, а в местах приближения соляных толщ к дневной поверхности они имеют хлоридно-натриевый состав. Поэтому при выборе площади для постановки поисковых работ на серу необходимо учитывать гидрогеологические и гидрохимические условия, анализ которых может существенно облегчить решение этой задачи.

Самородная сера парагенетически связана с нефтью. Для сероносных территорий характерно наличие как нефтяных, так и газовых месторождений, а также широкое развитие битумов в разнообразных породах.

При выходе сероносных пород на поверхность происходит сернокислотное выветривание их с образованием шляпы серного месторождения. В зоне окисления развиваются сложные гидратные соли серной кислоты типа квасцов,

а также вторичный гипс. При этом разрушается алюмосиликатное ядро соответствующих минералов вмещающей породы, происходит вынос металлов и щелочей, обуславливающих осветление породы. В непосредственной близости от шляпы серного месторождения происходит отложение сульфурита, гидротроилита и других минеральных образований, являющихся результатом биогенных процессов преобразования сероводорода при его избытке.

Изложенное позволяет сформулировать основные геологические предпосылки, благоприятные для постановки поисковых работ на серу осадочного происхождения. К числу этих предпосылок относятся: 1) наличие комплекса сульфатно-карбонатных пород; 2) существование лагунных соленосных отложений и особенно залежей галоидных солей, связанных с определенными стратиграфическими горизонтами; 3) нефтеносность с типичными для нее формами геологических структур, начиная от пологих (не осложненных тектоническими разрывами) и вплоть до диапировых структур включительно; 4) наличие зон сочленения положительных и отрицательных геоструктурных элементов, осложненных в зоне сочленения более мелкими положительными структурами; 5) деятельность активного гидрогеологического режима, проявляющаяся в смешении сульфатно-карбонатных и хлор-натриевых вод с гидрокарбонатно-натриевыми водами, богатыми кислородом.

Наиболее общей геологической предпосылкой для поисков вулканогенных месторождений серы является их размещение в областях сравнительно молодой, преимущественно современной вулканической деятельности.

Несмотря на то, что в вулканогенно-осадочных толщах сера встречается в интервале от меловых пород до четвертичных, промышленные концентрации ее возможны лишь в комплексах плиоцен-четвертичного возраста. Месторождения серы здесь, обычно, приурочиваются к площадям развития туфовых, лавовых и пирокластических образований, чаще всего андезитового и липаритового состава. Среди вулканогенно-осадочных андезитовых комплексов элементарная сера встречается и в эгзаляционных и сульфатарных продуктах, а также на путях гидротермальных растворов по трещинам и порам пород, по слоям, претерпевшим инфильтрационно-метасоматические преобразования. Рудные тела инфильтрационно-метасоматического типа обычны в вулканогенно-осадочных толщах гиперстеновых и двупироксеновых андезитов. Перспективны гидротермально измененные породы формации вторичных кварцитов низкотемпературных стадий метасоматоза, тогда как толщи пропилитизированных образований несут в основном бедную минерализацию.

Установлена тесная генетическая связь серных месторождений с действующими или сравнительно недавно потухшими вулканами. Поэтому наличие вулкана следует рассматривать в качестве важной предпосылки для постановки поисковых работ на серу, а отчетливое проявление в рельефе вулканических конусов существенно облегчает выделение перспективных площадей. При этом следует учитывать, что вулканы в своем расположении обычно подчинены линейно-тектоническим разломам. Установление этих разломов позволит сузить площади поисковых работ.

Большая часть вулканов располагается внутри крупных кальдер, в которых на значительных площадях проявляется сульфаторная и вообще газогидротермальная вулканическая деятельность, ведущая к образованию месторождений серы. Поэтому при поисках серы кальдеры должны подвергаться тщательному обследованию. В вулканических кратерах нередко встречаются кратерные озера, в которых при благоприятных условиях формируются серные залежи. Признаками присутствия в них сероносных отложений могут служить

повышенная температура воды, ее опалесценция, наличие на водной поверхности серной пыли, активная сульфаторная деятельность по берегам озер, сероводородный запах.

Гидротермально-метасоматические месторождения серы локализуются среди рыхлых пирокластических накоплений (преимущественно туфоконгломератов). Выявление таких накоплений может иметь существенное значение при поисковых работах на вулканогенную серу.

К числу признаков, позволяющих выделить площади, благоприятные для поисков серных месторождений, относятся:

1. Синий цвет вмещающих пород в невыветрелом состоянии или резкое изменение цвета пород в бурый при выходе их на поверхность. Наличие вокруг залежей вулканогенной серы зон, характеризующихся светлой, почти белой окраской, обусловленной выщелачиванием и выносом железистых соединений.

2. Наличие сероводородных источников и газопроявлений.

3. Нефтеносность асфальтеновая, свидетельствующая о присутствии нефтей, богатых сернистыми соединениями и растворенной в них самородной серой.

4. Кальцитизация и окремнение осадочных толщ, сопутствующие образованию вторичных серных руд.

5. Наличие вторичных минералов серных руд (кальцита, целестина, гипса, халцедона) в нескольких генерациях.

6. Окварцевание (алунитизация) и осветление пород при выходе их на поверхность. При этом нередко в породах наблюдаются реликтовые участки, сохранившие структуру и текстуру свежих пород. В некоторых случаях (Гаурдак) промышленные скопления серы устанавливаются по характеру квасцовой шляпы, сложенной сыпучкой из алунитоподобных минералов и каолинизированных пород.

7. Выходы сероносных пород на поверхность и находки мономинеральных скоплений серы.

Кроме того, в качестве поисковых признаков на серу могут быть использованы географические названия, исчезновение растительности или развитие лишайников, а также присутствие в почве тиоловых бактерий, рельеф местности, бугры, овраги, развитие карста, древние горные выработки и остатки сероплавильных установок.

Общие поиски. Основной целью общих поисков является выделение комплексов пород (формаций) и крупных тектонических структур, в которых можно ожидать наличие месторождений серы. Общие поиски основываются на общих геологических данных, имеющихся по изучаемому региону и на материалах геологических съемок масштабов 1 : 100 000—1 : 200 000. При геологическом изучении региона специальной поисковым работам на серу должна предшествовать региональная геологическая съемка указанного масштаба. При отсутствии такой съемки она производится в процессе общих поисков.

При производстве общих поисков необходимо развивать уже известные и устанавливать новые критерии поисков месторождений серы, конкретизировать их применительно к району исследований, выявлять локальные предпосылки для поисков. Одновременно с этим должны наиболее тщательно изучаться все те геологические элементы и особенности территории поисков, которые в соответствии с установленными поисковыми критериями могут иметь прямое или косвенное отношение к возможным накоплениям самородной серы и условиям их распространения.

Основным методом поисковых работ является метод маршрутов. Маршруты прокладываются вкрест простирания основных стратиграфических горизонтов

или комплексов возможно сероносных пород и структур. Выявленные при этом перспективные горизонты и контакты следует проследить по простирацию. В большинстве случаев для получения необходимого количества наблюдений требуется проходка мелких горных выработок — закопшек, коротких канав, мелких шурфов, расчисток.

Собранные в процессе поисков сведения необходимо наносить на геологическую карту, особенно тщательно фиксируя: 1) площади развития лагунных фаций и благоприятные геологические структуры (кулообразные складки, диапировые поднятия и др.); 2) выходы вторичных гипсов; 3) микрокарст, а также другие карстопроявления современного и древнего гидрогеологического режима; 4) выходы сернистых вод, газов и нефтепродуктов; 5) проявления алунизации; 6) проявления сернокислотного выветривания, характер шляпы и ее конфигурацию; 7) выходы осветленных пород, а также пород светло-синей окраски; 8) места находок самородной серы.

При установлении долин размывов, вскрывших сероносные отложения, следует произвести их картирование, что позволит судить о возможном протяжении сероносной зоны и ее тяготении к той или иной структуре.

При поисках вулканогенно-осадочных залежей погребенного типа необходимо особое внимание обращать на слоистые кратерно-озерные отложения; при наличии в них сульфидов железа сероносные залежи следует искать стратиграфически и гипсометрически выше зон сульфидизации.

Способность сероносных карбонатных пород к интенсивному карстообразованию открывает возможность применения для поисков залежей серы геофизических методов. Так, например, электроразведка, в частности профилирование методом сопротивлений, позволяет выделить зоны интенсивного глубинного карста и трещиноватости, с которыми связаны участки повышенного содержания в карбонатных породах самородной серы.

При поисках вулканогенных месторождений серы для выявления сероносных залежей применяется электроразведка (методы спонтанной поляризации и сопротивления), сейсморазведка (метод отраженных волн) и магнитометрические исследования.

С помощью электрометрических и магнитометрических измерений можно отличить слабоизмененные эффузивные породы от сильно измененных, а внутри последних выделить участки, перспективные на серу.

При общих поисках следует широко использовать также гидрохимический метод. Этот метод основывается на том, что образование промышленных месторождений самородной серы связано с водоносными горизонтами, характеризующимися высоким содержанием сероводорода в воде. В Предкарпатских месторождениях, например, концентрация сероводорода ратинских известняков нередко достигает 200, а на отдельных участках 800 мг/л. В подземных водах серных месторождений Средневожского бассейна содержание сероводорода достигает 200—230 мг/л. Еще более высокое содержание его наблюдается в водах Гаурдакского месторождения (600 мг/л и более).

Собирая данные о содержании сероводорода в воде, можно выделить участки промышленной концентрации серы.

Гидрохимический метод характеризуется значительной глубиной и дает возможность оценить значительные площади по относительно небольшому количеству точек наблюдений и существенно ограничить площадь поисков.

Детальные поиски проводятся в тех сероносных районах, на которых в процессе общих поисков не были установлены месторождения серы, а геологическая обстановка благоприятна для их выявления. Они применяются

и в тех случаях, когда общие поиски на данной территории производить нецелесообразно из-за наличия достаточно полной геологической изученности территории. Детальные поиски обычно проводятся в масштабе 1 : 10 000—1 : 50 000.

При детальных поисках устанавливается стратиграфический разрез территории поисков, подробно изучается литология сероносных толщ, возможные их фашиально-литологические изменения, условия залегания. Выясняются также особенности тектонического строения территории поисков, выделяются структуры и устанавливается их порядок, а также отдельные нарушения, которые могут контролировать серопроявления. В некоторых случаях целесообразно проводить газовую съемку с определением в почвенном воздухе микроконцентрацией сероводорода, сернистого ангидрида, а иногда и углеводородов.

Во всех случаях необходимо изучать имеющиеся на площади поисков газы выделения, а также газовый состав подземных вод. На основании этого целесообразно построить карты гидрохимической зональности подземных вод.

Детальные поиски проводятся в основном методом маршрутов, путем прослеживания геологических границ по простирацию и площадного обследования. Расстояния между точками наблюдений должны соответствовать масштабу поисков и предполагаемому масштабу серных залежей. Детальные поиски обязательно сопровождаются проходкой мелких горных выработок (канал, расчисток, шурфов) и буровых скважин.

Проводя поисковые работы, необходимо иметь в виду возможность разработки выявленного месторождения методом подземной выплавки серы. Это обстоятельство обуславливает необходимость увеличения глубинности поисков, так как для такого метода глубина залегания серных руд не имеет решающего значения.

На стадии детальных поисков следует широко применять геофизические методы.

Положительные результаты при поисках месторождений серы дает метод вертикального электророндирования (ВЭЗ), а также метод заряженного тела, естественного электрического поля и другие методы электрометрии, магнитометрии, гравиметрии и сейсмометрии.

При детальных поисковых работах следует также использовать методы гидрохимический (аномально высокого содержания сероводорода), изотопный, потенциометрический и др.

Поисково-оценочные работы проводятся на участках проявления сероносности, выявленных при предварительных или детальных поисках. Основной целью работ является выбор месторождений для предварительной разведки и отбраковка серопроявлений, не представляющих практического интереса. Основным средством ведения поисково-оценочных работ является колонковое бурение. Скважины размещаются по редкой сети, чаще всего по профилям вкрест простираения геологических структур и сероносных толщ, реже по квадратной или прямоугольной сети.

Расстояния между скважинами на крупных пластовых месторождениях Предкарпатского бассейна и Поволжья обычно принимаются 600—800 м, а на меньших по масштабу и более сложных по строению месторождениях Туркмении и вулканогенных Камчатки — 300—600 м.

Мелкие линзовидные и гнездообразные залежи вулканогенной серы, развитые на Курильских островах, прослеживаются сетью буровых скважин, расположенных на расстоянии 150—300 м друг от друга.

На участках предполагаемого выклинивания серных залежей сеть буровых скважин целесообразно сгустить вдвое. Выбирая глубину скважин, следует исходить из геологических факторов, учитывая при этом возможность разработки месторождения методом подземной выплавки.

Для изучения выходов сероносных залежей на поверхность необходимо пройти канавы, расчистки и неглубокие шурфы. Расположение горных выработок должно быть увязано с расположением буровых скважин таким образом, чтобы они находились в линиях буровых скважин и позволяли учитывать их при построении геологических разрезов.

В результате поисково-оценочных работ должно быть выяснено строение сероносных горизонтов и вмещающих пород, определены водоносные горизонты, установлена устойчивость пород почвы и кровли и влияние этих факторов на будущие эксплуатационные работы.

При значительной глубине залегания сероносных залежей должны быть найдены основные факторы, определяющие возможность разработки месторождения методом подземной выплавки серы. К числу этих факторов относятся: фильтрационные свойства сероносного пласта и вмещающих его пород, степень пористости и кавернозности, водоприемистые свойства серной залежи.

Предварительная разведка. Определение оптимальной методики предварительной разведки месторождений серы возможно только на основании анализа геологической обстановки, в которой оно находится, и опыта разведки и эксплуатации подобных ему месторождений.

Главнейшими факторами, определяющими методику предварительной разведки месторождений серы, являются размеры залежей, форма и степень ее устойчивости, выдержанность качества серных руд.

В стадию предварительной разведки месторождения должны быть выяснены о нем такие сведения, которые позволили бы однозначно, хотя и предварительно, оценить промышленное значение месторождения при минимальном объеме разведочных выработок и комплекса геофизических, геолого-минералогических, технологических, инженерно-геологических и гидрогеологических исследований.

В соответствии с этими задачами в каждом конкретном случае устанавливаются проектные глубины разведки, выбираются технические средства, намечается расположение разведочных выработок и определяется плотность разведочной сети.

При проектировании предварительной разведки месторождений серы по материалам поисково-оценочных работ целесообразна следующая последовательность методических решений: 1) определение геолого-промышленного типа и морфологической группы месторождения; 2) выбор типа разведочных выработок и системы разведки, в соответствии с предполагаемыми по аналогии формами, размерами и условиями залегания сероносных тел; 3) установление целесообразной глубины разведки и, как следствие этого, — предельных глубин разведочных выработок; 4) определение количественного и пространственного соотношений буровых скважин и горных выработок в соответствии с принятой системой разведки; 5) определение оптимальной плотности разведочной сети, необходимость ее дифференциации по глубине залегания сероносных тел и по различным участкам месторождения.

Большинство осадочных месторождений серы характеризуются целым рядом общих геологических особенностей строения, состава образующих их руд и вмещающих пород. Это обстоятельство облегчает определение по аналогии с другими разведанными и эксплуатируемыми месторождениями геолого-

промышленного типа и морфологической группы изучаемого месторождения. Для этого необходимо составить по данным поисково-оценочных работ таблицу, характеризующую основные параметры месторождения (площадь промышленного осернения, мощность сероносных залежей, состав и тип руд, содержание серы и степень ее изменчивости и т. д.), и сопоставить полученные данные с аналогичными параметрами других хорошо изученных месторождений.

Несколько сложнее является определение геолого-промышленного типа и морфологической группы вулканогенных месторождений серы, однако общая методика остается той же.

При разведке серных месторождений применяются как скважины колонкового бурения, так и горные выработки, однако основным видом служат скважины колонкового бурения. При выходе сероносных залежей на дневную поверхность проходятся каналы, шурфы с рассечками и используются имеющиеся естественные и искусственные обнажения. Для уточнения данных о морфологии, условиях залегания и вещественном составе сероносных залежей, а также для установления достоверности данных колонкового бурения и отбора технологических проб проходятся глубокие шурфы или штольни.

На стадии предварительной разведки особое внимание необходимо уделить изучению выходов сероносных залежей на поверхность, так как это во многом определяет возможность разведки месторождения буровыми скважинами. При благоприятных условиях часть горных выработок или все они могут быть заменены скважинами большого диаметра.

Серые руды часто характеризуются неравномерным содержанием серы и изменчивостью литологического состава вмещающих пород, а также наличием прослоев глин, вымывание которых может привести к искажению представления о литологическом составе руды и содержания в ней серы. Кроме того, сера отличается повышенной хрупкостью и способностью к избирательному выкрашиванию. Все это обуславливает необходимость на стадии предварительной разведки произвести опытные работы по установлению оптимального диаметра буровых скважин и оптимальной технологии бурения, обеспечивающих высокий выход керна (не менее 80%) и его представительность. По результатам опытных работ следует установить наличие и величину избирательного истирания керна. Каротажные исследования разреза скважин на осадочных месторождениях серных руд карбонатного типа часто позволяют с достаточной точностью определять мощность сероносных залежей, их строение и глубину залегания, находить содержание серы, объемную массу руд, а также использоваться для литологического расчленения пород, корреляции пластов и изучения их общей влажности. В комплекс каротажных исследований, позволяющих решить указанные выше задачи, необходимо включать гамма-каротаж, плотностной гамма-гамма-каротаж, нейтронный каротаж, спектрометрический нейтронный гамма-каротаж и калориметрию.

Каротажные исследования на месторождениях самородной серы вулканогенного типа позволяют при определенных условиях с необходимой точностью выделить в разрезах скважин сероносные тела, определить их строение, мощность, глубину залегания, оценить с ошибками порядка 10—15 отн. % содержание серы и попутных компонентов (сульфидов железа и алунита), а также влажность и объемную массу руд.

В комплекс геофизических исследований на месторождениях серных руд гидротермально-метасоматического типа следует включать спектрометрический нейтронный гамма-метод и спектрометрический гамма-метод. На серных место-

рождениях формации вторичных кварцитов, кроме того, необходимо производить кавернометрию.

При невозможности надежного определения мощности сероносных залежей и содержания в них серы по данным кернового опробования и геофизическими методами вследствие особенностей вещественного состава руд следует основным типом разведочных выработок считать горные выработки.

Расположение разведочных выработок определяется условиями залегания и формой сероносных залежей. При горизонтальном или пологом залегании изометричные залежи разведываются квадратной сетью, при крутом залегании или вытянутой форме залежей разведка их производится прямоугольной сетью (профилями).

Глубина разведочных выработок определяется исходя из условий залегания сероносных залежей и предполагаемой системы их разработки. В настоящее время серные месторождения разрабатываются в основном открытым способом и способом подземной выплавки (ПВС). Все серные месторождения обводнены, причем в воде содержится в растворенном виде сероводород в концентрации, достигающей 1000—1200 мг/л. При проведении подземных горных выработок сероводород легко выделяется из воды и загазовывает рудничную атмосферу. Поэтому для нормальной эксплуатации требуется, помимо дренажа и усиленной вентиляции, опережение нарезки этажей для обеспечения их дегазации от ядовитых и взрывоопасных газов.

Легкая загораемость серы и взрывчатые свойства сернорудной пыли создают осложнения для ведения взрывных работ в подземных условиях. Все это затрудняет разработку месторождений серы подземными горными выработками и снижает его эффективность. На Роздольском руднике, например, себестоимость 1 т руды, добываемой открытым способом, в 5—7 раз меньше, чем подземным. Вследствие этого при определении глубины разработки месторождений и глубины разведочных скважин следует исходить из возможности разработки месторождения открытым способом или методом подземной выплавки серы.

В первом случае глубина разработки, а следовательно, и глубина скважин определяются технико-экономическими расчетами, во втором — глубина залегания серных руд практически значения не имеет. При разработке методом ПВС полностью исключаются трудоемкие горные работы и фабричная переработка руды, создаются условия для полной автоматизации процесса добычи. Подземная выплавка не затрагивает земной поверхности, позволяет разрабатывать на крупных месторождениях отдельные небольшие тела, а также отрабатывать месторождение под водоемами. Однако этот метод осуществим только в определенных горно-геологических условиях, причем его технологические параметры, а следовательно, и экономические показатели могут изменяться в широких пределах.

Кроме того, метод ПВС обычно сопряжен со значительными потерями серы.

Опыт эксплуатации месторождений серы методом ПВС показывает, что успешное использование его возможно при следующих условиях: 1) наличие значительных общих запасов серы на месторождении, большой мощности пластов и высокого содержания серы в руде; 2) водонепроницаемости подстилающих и перекрывающих сероносный пласт пород, что создает как бы природный автоклав и устраняет потери горячей воды в окружающие непродуктивные толщи; 3) пористости сероносного пласта, что обеспечивает необходимую циркуляцию горячей воды и расплавленной серы по продуктивному пласту; 4) ненарушенности рудного пласта и вмещающих пород сдвигами, сбросами и другими деформациями; в противном случае происходит утечка перегретой

воды по трещинам; 5) наличия местных ресурсов воды, топлива, электроэнергии, обеспечивающих строительство энергетического комплекса.

В. Ж. Аренс и В. А. Зыков дают следующую характеристику условиям разработки месторождений самородной серы методом ПВС (табл. 8).

Для обоснования плотности разведочной сети используются известные методы (аналогии, сравнения с данными эксплуатации, математической статистики, последовательного разрежения разведочной сети).

Вся площадь месторождения на стадии предварительной разведки разведывается по сети, необходимой для отнесения запасов к категории C_1 . Глубокие

Т а б л и ц а 8

Характеристика условий разработки месторождений самородной серы методом ПВС
(по В. Ж. Аренсу и В. А. Зыкову)

Наименование	Условия		
	хорошие	удовлетворительные	требующие конкретного исследования
Запасы, млн. т (определяют масштаб производства):			
при производительности установки 10 тыс. т серы в год,	0,3	0,1	Менее 0,05
то же, при 25 тыс. т серы в год,	0,75	0,5	Менее 0,3
то же при 50 тыс. т серы в год,	1,5	1,0	Менее 0,5
то же при 100 тыс. т серы в год,	3	1	Менее 0,5
то же при 250 тыс. т серы в год,	6	3	Менее 1,0
то же при 500 тыс. т серы в год,	15	6	Менее 3
Мощность пласта	Более 20 м	10 м	Менее 3 м
Содержание серы в руде	Более 20%	От 10 до 20%	От 5 до 10%
Глубина залегания рудного тела	От 200 до 500 м	От 100 до 600 м	От 50 до 1000 м
Литологический состав сероносного пласта	Мелкозернистый кавернозный известняк	Тонкозернистый слабокавернозный известняк	Плотный известняк
Текстура руд	Полосчатая, гнездовая, прожилковая	Вкрапленная, полосчатая, гнездовая	Дисперсная
Гидрогеологические условия (поглощение скважиной воды на 1 м рудного тела, м ³ /ч)	Гидрогеологически замкнутая залежь	Зона разгрузки находится в значительном удалении от места работ (0,2—0,5)	Гидравлически раскрытая залежь (0,1—0,3)
Покрывающие породы	Полностью водонепроницаемые глины или гипсоангидриты	Плотные мергели, неосерненные известняки	Водонепроницаемые и кавернозные известняки, рыхлые пески
Подстилающие породы	Полностью водонепроницаемые породы	Породы с незначительным коэффициентом фильтрации	Обводненные рыхлые пески или известняки

горизонты и участки, освоение которых, вероятно, будет осуществляться во вторую очередь, могут быть разведаны по категории С₂, по сети вдвое более редкой, чем принимаемая для категории С₁.

Принимая за основу соответствующую разведочную сеть, следует вместе с тем сгущать ее или разреживать, если это диктуется конкретными геологическими условиями. Количество разведочных выработок должно быть минимальным, но достаточным для выяснения общих условий залегания, формы и размеров серной залежи.

На стадии предварительной разведки очень важным (и особенно при намечаемой разработке месторождения методом ПВС) является выяснение гидро-

Т а б л и ц а 9

Ориентировочные расстояния между выработками,
применяемые при разведке месторождений самородной серы

Залежь	Расстояния (м) между выработками для категорий		
	А	В	С ₁
Крупная, пластовая, относительно выдержанная по мощности и качеству руд	75—100	150—200	300—400
Средняя пластообразная и линзовидная, относительно выдержанная по мощности и качеству руд	35—75	75—150	150—300
Мелкая линзовидная и гнездообразная, не выдержанная по мощности и качеству руд	—	35—75	75—150

геологических и инженерно-геологических условий его эксплуатации. Гидрогеологическая характеристика на этой стадии должна основываться на результатах гидрогеологического картирования месторождения и его окрестностей, а также на опытных откачках из специальных скважин, с учетом данных гидрогеологических наблюдений по разведочным скважинам и источникам. Для определения ожидаемых притоков в горные выработки необходимо изучить характер и степень закарстованности месторождения и пустотность сероносных пород. При изучении химического состава вод особое внимание следует уделять определению сероводорода и степени кислотности (рН).

Детальная разведка. На стадии детальной разведки осуществляется дальнейшее, более углубленное изучение всех показателей, характеризующих месторождение. С этой целью производится сгущение разведочной сети, принятой на стадии предварительной разведки.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить систематизированные данные о плотности сети, применявшейся при разведке месторождений самородной серы в Советском Союзе (табл. 9).

Однако, как показывает практика, в некоторых случаях плотность разведочной сети для разных частей месторождения должна быть различна, что обуславливает необходимость ее корректировки в процессе проведения детальных геолого-разведочных работ. Так, например, наблюдения свидетельствуют о том, что в Предкарпатском сероносном бассейне в зависимости от глубины залегания и интенсивности притока грунтовых вод характер руд на всех месторождениях бассейна резко меняется.

У выхода под четвертичные породы сероносный горизонт сильно выщелочен и закарстован. До глубины примерно 50 м повсеместно прослеживается зона

перекристаллизованных руд, состоящих из известняка, кальцита и кристаллической серы. С глубины более 50 м преобладают плотные руды с гнездово-прожилковой и вкрапленной скрытокристаллической серой. Это обстоятельство и обуславливает разный подход к методике разведки различных частей месторождения. При вскрытии верхней его части, разведанной по сети 90×90 м, эксплуатационные работы показали, что сероносный горизонт выщелочен, сильно закарстован и серы в нем примерно на 20 отн. % меньше, чем было установлено в процессе детальной разведки. Такое расхождение по наиболее детально разведанной части залежи обусловлено главным образом тем, что в карстовых полостях и трещинах содержится значительное количество глинистого материала. Разведочные скважины бурились в обводненных условиях, и карстовые глины часто вымывались при бурении. После осушения залежи весь глинистый материал оставался в добытой руде и, естественно, содержание серы за счет этого уменьшалось. Экспериментальные работы показали, что установление и выделение линз карстовых глин, разработка которых возможна селективно, может быть осуществлено при сети 25—50 м, а общая степень закарстованности может надежно определяться по сети 50—100 м.

На участках месторождения, представленных плотными, неокисленными и незакарстованными рудами, содержание серы и мощность сероносных пластов не испытывают больших колебаний и сгущение сети разведочных выработок не приводит к уточнению значений мощности и содержания.

Разведочные выработки следует проходить на всю мощность сероносной залежи и углублять в подстилающие породы на 1—2 м в зависимости от характера контакта с вмещающими породами. В тех случаях, когда имеются предпосылки выявления в подстилающих породах других сероносных горизонтов или залежей, часть выработок (6—10) должна пересечь полную мощность потенциально продуктивных отложений.

При разведке месторождений серы необходимо учитывать возможность образования разрушающих серу процессов, интенсивность действия которых может быть усилена проходкой разведочных выработок. При соприкосновении серы с кислородом воздуха происходит ее окисление, продуктом которого является гипс. Для устранения влияния окисления все разведочные выработки должны тщательно тампонироваться.

Детальная разведка серных месторождений осуществляется обычно скважинами колонкового бурения, вследствие чего особое значение приобретает выбор правильной технологии бурения. Как уже указывалось, сера очень хрупка и значительно мягче вмещающих ее пород. Она легко растрескивается при бурении и вымывается промывочной жидкостью. Опыт показывает, что при уменьшении диаметра керна с 250 до 76 мм содержание серы снижается на 10 отн. %. Поэтому при разведке минимальный диаметр керна должен быть не менее 91 мм. Принимаемая технология бурения должна обеспечить выход керна не менее 80%. Независимо от величины выхода керна следует проверить наличие или отсутствие его избирательного истирания путем сопоставления данных опробования керна с данными опробования горных выработок, а также определения содержания серы в пламе и мути. При этом необходимо иметь в виду, что бороздвое опробование горных выработок вследствие избирательного выкрашивания серы при отбивке борозды также дает искаженные результаты. Учитывая это, для сопоставления следует применять валовое опробование или отбор проб способом двойной борозды (Борзунов, 1965). При выходе сероносных залежей на дневную поверхность проходятся канавы и шурфы с рассечками, а также используются естественные и искусственные обнажения. Для

отбора технологических проб проходятся шурфы, штольни или скважины большого диаметра.

При детальной разведке большое практическое значение имеет правильное выделение геолого-промышленных типов руд. Как далее будет показано, процесс флотации зависит от характера сырья, ее взаимоотношения с вмещающими породами и количества вредных примесей. Поэтому для установления и оконтуривания выделенных типов руд в ряде случаев необходимо проходить специальные выработки, нередко не укладываемые в принятую сеть. Проходка дополнительных выработок необходима и в случае сложного рельефа поверхности месторождения и кровли сероносной залежи, для оконтуривания крупных карстовых образований, древних размывов, изучения тектонических нарушений и характера выклинивания залежей.

При детальной разведке серных месторождений большое значение имеет правильная оценка гидрогеологических условий их разработки.

В результате проведенных гидрогеологических исследований должна быть установлена степень обводненности месторождения, определены возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, выделены опасные по степени обводненности зоны, горизонты и участки.

При разведке месторождений для разработки методом подземной выплавки, кроме того, должны быть определены водопроницаемость пласта и потери воды за счет фильтрации во вмещающие породы.

Фильтрация растворов при подземной выплавке серы происходит на ограниченных площадях, вследствие чего откачка не характеризует условия, при которых будет работать установка ПВС, так как не соблюдается геометрическое подобие структуры потока. Поэтому гидрогеологические параметры необходимо определять по опытам с одновременной закачкой и откачкой, а также с использованием геофизических методов исследования коллекторских свойств.

В общем методика разведки месторождения под разработку методом ПВС должна предусматривать совмещение гидрогеологических и геологических исследований путем использования разведочных скважин в качестве гидрогеологических для проведения кратковременных откачек и нагнетаний.

Одиночные откачки и нагнетания следует производить с учетом охвата всей изучаемой площади месторождения и оборудовать их только на водоносный горизонт продуктивной толщи. Для уточнения гидрогеологических параметров участков, на которых предполагается применение метода ПВС, необходимо проходить контрольные гидрогеологические кусты с наблюдательными скважинами (на породы кровли и почвы).

Кроме того, гидрогеологические кусты следует закладывать на участках месторождения с наиболее сложными гидрогеологическими условиями. Для определения радиуса влияния скважины при нагнетаниях или откачках наблюдения следует вести по всем пробуренным разведочным скважинам, находящимся на расстоянии 100—300 м и более.

В некоторых случаях для определения истинных гидрогеологических параметров пласта, как показал опыт работ на Язовском месторождении, исследуемые скважины необходимо обрабатывать соляной кислотой.

При проведении нагнетаний все изливающие скважины должны быть тщательно герметизированы и оборудованы манометрами. Скважины обязательно должны быть обсажены трубами, поскольку в будущем они могут быть использованы при эксплуатации.

С целью уточнения технического состояния ствола скважины целесообразно применять инклинометрию и кавернометрию. Для установления

в разрезе плотных слабопористых водонепроницаемых и рыхлых, трещиноватых кавернозных пород, а также степени их глинизации следует использовать электро- и гамма-каротаж скважин. Для определения интервалов приемистости используются расходомерия резистивиметрия и термометрия. Последние методы применяются в том случае, если скважина изливает воду.

При оценке гидрогеологических условий необходимо учитывать, что в процессе подземной выплавки серы фильтрационные свойства и водопроницаемость серных пород повышаются. Вследствие этого при детальной разведке высокая точность определения водопроницаемости пласта не требуется. Важно получить материалы, позволяющие правильно прогнозировать возможность применения и ход процесса подземной выплавки.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка). Одной из главных задач доразведки месторождения является уточнение контуров промышленного оруденения, установленных при детальной разведке. Основные разведочные выработки при доразведке целесообразно сосредоточивать в приконтурных зонах залежей, где серное оруденение неустойчиво и прерывисто. Как показали экспериментальные работы, наименьшая погрешность в определении промышленного контура залежи, мощности, содержания серы, текстурно-структурного характера руд достигается на пластовых месторождениях Предкарпатья при сети 100×100 м.

С целью сокращения числа скважин при разведке на месторождениях Предкарпатья применяется сеть выработок в виде треугольника с четвертой скважиной в центре его тяжести. В результате получается ромбовидная сеть при длине сторон ромбов порядка 120 м и при длине сторон треугольника 200—220 м. Применение такой системы в полтора-два раза увеличивает количество точек интер- и экстраполяции, что позволяет более объективно определять положение промышленного контура. В остальном методика доразведки не отличается от методики детальной разведки.

При доразведке месторождения для разработки его методом ПВС во всех скважинах производится электрокаротаж по всему стволу скважины, что позволяет уточнить литологический разрез скважины, и инклинометрия. В интервалах рудного пласта для определения микропустотности применяют микрокавернометрию, а для выделения интервалов различной плотности — гамма-гамма-каротаж и термометрию. Для ориентировочного определения коэффициента водопроницаемости залежи применяется экспресс-налив.

Геофизические исследования выполняются в два этапа. Перед спуском обсадной колонны проводится электрокаротаж пород, покрывающих продуктивную толщу. Остальные геофизические исследования выполняются после завершения всех работ на скважине, включая гидрогеологические наблюдения и искусственное воздействие на ее призабойную зону.

Для определения гидрогеологических параметров: коэффициента водопроницаемости и удельного дебита проводятся прокачки, преследующие цель очистки призабойной части скважины от бурового шлама и продуктов реакции соляной кислоты с известняком, а также опытные одиночные откачки и кустовые откачки-нагнетания. Для улучшения фильтрационных свойств продуктивного горизонта применяются солянокислотные ванны, одиночные и серийные солянокислотные обработки, кислотоструйные подрубы с последующим гидро-разрывом пласта.

Эксплуатационная разведка на месторождениях серы должна опережать добычные работы на 1,5—2 года. В ее задачу входит дальнейшее уточнение контуров серных залежей, их мощности, содержания серы, выделение и окон-

туривание природных типов и технологических сортов серных руд, а также контроль за добычей руды, уточнение гидрогеологических и инженерно-геологических условий разработки месторождения.

Осуществляется эксплуатационная разведка путем проходки скважин. Бурение скважин эксплуатационной разведки производится по сети, обеспечивающей достоверное определение запасов руды в отдельных блоках, их качества и других параметров, необходимых для правильного составления планов подготовительных и добычных работ. Оптимальная сеть выработок определяется опытным путем. Для Раздольского месторождения она, например, составляет 30×30 — 40×40 м. При определении плотности сети необходимо учитывать также систему отработки месторождения и, в частности, ширину добычной заходки.

Одним из наиболее ответственных участков эксплуатационной разведки является контроль за качеством добытой руды и полнотой отработки. Выполняется эта работа путем систематической документации и опробования рудного тела, ежедневным осмотром забоев.

Гидрогеологические работы составляют самостоятельный комплекс в составе рудничной геологической службы, тесно связанной с инженерно-геологическими наблюдениями. Для обеспечения правильных прогнозов водопритоков на площади карьера и в его окрестностях организуются наблюдательные скважины, водопосты на реках, системы каналов для отвода рудничных вод и водосливные устройства для замера расхода откачиваемой воды.

Наблюдения за уровнями подземных вод и соседних водоемов целесообразно вести еженедельно, замеры расхода воды по водосливам — дважды в сутки. Систематически должны вестись работы по наблюдению, замерам и предупреждению газопроявлений. На всех месторождениях самородной серы в различных количествах присутствует сероводород, углеводороды, аммиак и углекислота. С целью изучения газового режима месторождения следует определять количество растворенного в воде сероводорода и фиксировать все газопроявления. При возможности должно замеряться давление газа и обязательно — определение его состава.

Комплекс работ эксплуатационной разведки при разработке месторождения методом подземной выплавки практически не отличается от описанного для разведки в пределах горного отвода (доразведки).

Документация. Все имеющиеся на месторождении разведочные и эксплуатационные выработки, а также естественные и искусственные обнажения должны быть задокументированы. Геологическое описание должно проводиться по единой схеме, разработанной с учетом особенностей строения месторождения и литологического состава серных руд и вмещающих пород. При геологическом описании керна скважин необходимо отмечать литологический состав и мощность стратиграфических горизонтов, покрывающих и подстилающих залежь серных руд, литологический состав и мощность залежи серных руд, характер их контактов с вмещающими породами, наличие внутри серной залежи безрудных линз и прослоев, интенсивность серного оруденения, форму, размеры и пространственное распределение обособлений самородной серы, взаимосвязь между ними, ориентировочное количественное соотношение скрытокристаллической и явнокристаллической серы, мощность и интервалы распространения в разрезе текстурных разновидностей, геологических типов и технологических сортов руд, пострудную тектоническую нарушенность серной залежи и вмещающих пород, трещиноватость, дробление, смятие, зеркала скольжения, микроскладчатость, срывы контактов, вторичные преобразования серных руд

и вмещающих пород — перекристаллизацию, окисление, растворение, карстование. Особое значение при документации имеет правильность и тщательность описания структурно-текстурных особенностей руд, которые наряду с содержанием серы и вещественным составом руд определяют их технологические свойства. При разведке месторождения для подземной выплавки серы большое внимание следует уделять описанию и количественной оценке трещиноватости, пористости и кавернозности руд, обуславливающих водопроницаемость залежи.

Для получения четкого представления о структурно-текстурных особенностях руд полезно указывать в описании ориентировочное количество морфологических типов мономинеральных обособлений серы, а также преобладание первичной, скрытокристаллической или вторичной, явнокристаллической серы, образующей ту или иную текстуру и структуру руд.

Документацию вскрышных траншей и заходок следует производить по мере их продвижения. Зарисовки обоих бортов и забоя вскрышных траншей, а также бортов эксплуатационных заходок необходимо делать не реже чем через 50—100 м. Предварительно откос борта должен быть расчищен до неразрушенных пород.

В добычных разрезных траншеях документируются стенки и забои, а в эксплуатационных заходках зарисовывается только стенка. Документация буровзрывных скважин производится в процессе бурения. По данным этих скважин составляется геологический паспорт на взрываемый блок. Документация должна производиться по типовым формам, утвержденным Министерством геологии СССР.

Скважины, по которым производилась опытная выплавка серы, а также все имеющиеся эксплуатационные скважины требуют составления паспорта, в котором должны быть отражены основные геологические и технологические данные: конструкция скважины с данными по обсадке и оборудованию технологическими трубами, геологическая колонка с указанием литологических и технологических типов руд в разрезе скважин, интервалов опробования с результатами химических анализов на содержание серы и нерастворимого остатка, мощность руд и среднее содержание серы, количественная характеристика кавернозности, трещиноватости и окисления руд, поинтервальная приемистость разреза, результаты опытной выплавки серы из керна скважины и ожидаемая поинтервальная выплавляемость, результаты обработки с целью увеличения приемистости скважины, продолжительность ее работы и количество полученной из скважины серы.

Опробование разведочных и эксплуатационных выработок следует производить одновременно с документацией. Метод отбора проб, начальная их масса и расстояния между пробами определяются в каждом конкретном случае, исходя из размеров залежей, их строения, степени изменчивости осернения, распределения отдельных типов и сортов руд. Выбирая метод опробования, необходимо иметь в виду различие в физико-механических свойствах серы и вмещающих ее пород. Обычно хрупкая сера при отборе бороздовых проб выкрашивается из стенок борозд и попадает в пробу, что может завышать содержание серы в руде. Вследствие этого отбор проб в горных выработках целесообразно производить способом двойной борозды или валовым способом.

При бурении скважин сера выкрашивается из стенок керна, вследствие чего имеет место занижение содержания, определяемого по керну. Поэтому наряду с отбором проб от керна скважин необходимо отбирать пробы от шлама и буровой мути.

Выбирая способ отбора проб, следует осуществлять проверку его представительности другим способом. Проверку бороздowego опробования необходимо производить валовым способом. Контроль кернового опробования осуществляется каротажем скважин, а при наличии расхождений между ними — сопоставлением с валовым опробованием сопряженных со скважинами горных выработок.

Отбор проб для химических анализов производится из каждой вскрывшей полезное ископаемое выработки секционно, с учетом изменения литологического состава пород и степени осернения. Длина секций обычно не превышает 1,0 м, а для приконтактных зон — 0,5 м. Прослой некондиционных пород, селективная отработка которых невозможна, включаются в пробу. Сечения борозд принимаются в зависимости от степени однородности полезного ископаемого и физического состояния руд (чаще всего от 3×8 до 5×10 см для плотных руд и 10×15 — 15×20 для рыхлых). Пробы следует отбирать секциями отдельно по руде и по вмещающим породам. Расстояния между опробованными сечениями обычно не должны превышать 10—20 м.

При проведении эксплуатационной разведки опробование керна эксплуатационно-разведочных скважин производится секциями по литологическим типам руд размером не более 3—5 м.

Опробование буровзрывных скважин производится по шламу, по групповым пробам, составленным из шлама нескольких скважин.

Опробование стенок добычных уступов обычно производится бороздой сечением 3×8 см. Пробы берутся секционно в зависимости от выделяемых типов руд или заполнившего карст материала.

Иногда применяется точечное опробование забоев и рудничных складов. Пробы берутся по сетке 2×2 м массой 50—100 г и объединяются в одну пробу, характеризующую данный забой или партию руды со склада.

Обработка проб ведется по общеизвестной формуле $Q = Kd^2$, причем величина K обычно находится в пределах от 0,1 до 0,3. Принятая схема обработки проб должна контролироваться изменением коэффициента K , проверкой применяемых сит и возможностью попадания в пробу мелкого обогащенного серой материала, накапливаемого в дробильных аппаратах, которые должны систематически очищаться от пыли.

При разведке месторождений серы, кроме проб для химического анализа, необходимо отбирать пробы для изучения выплавляемости серы из руды. Это особенно важно при намеченной разработке месторождения методом подземной выплавки. Отбор проб для определения выплавляемости следует производить от всех развитых на месторождении типов руд; как в разрезе серной залежи, так и на площади ее распространения. Пробы отбираются обычно секциями длиной 1—1,5 м.

Анализы и испытания. Во всех пробах, отобранных с целью изучения химического состава серных руд, определяется содержание элементарной серы. По пробам, отобранным в приповерхностной части месторождения, в которой развиты процессы окисления, для установления степени окисления руд следует определять также содержание сульфатной серы.

При разведке месторождения для разработки его методом подземной выплавки целесообразно по всем пробам, кроме содержания серы, определять содержание нерастворимого остатка.

Определение содержания вредных примесей (битумов, мышьяка, селена, гипса) целесообразно производить по редкой сети скважин, равномерно распределенных по площади месторождения, причем в этих скважинах содержание

вредных примесей должно определяться по всем отобраным пробам. Такой порядок позволит установить закономерности распределения вредных примесей как по площади месторождения, так и в разрезе залежи. Количество скважин, в которых содержание вредных примесей устанавливается указанным порядком, зависит от особенностей строения месторождения и устанавливается в каждом конкретном случае. По остальным скважинам и горным выработкам содержание вредных примесей следует определять по объединенным пробам, составленным из частных проб, характеризующих или всю мощность залежи, если содержание вредных примесей в разрезе скважины существенно не меняется, или интервалы с различным содержанием вредных примесей. Кроме определения содержания вредных примесей в руде необходимо установить их содержание и в самой сере, так как качество серы определяется по содержанию в ней золы, углерода, мышьяка, ее кислотности и влажности. Содержание золы, кислотность и влажность находятся химическими анализами с достаточной точностью. Разработанная методика анализов на определение органического вещества (битумов) и мышьяка не достаточно чувствительна и требует усовершенствования. В физико-химической лаборатории ГИГХСа в последние годы разрабатывались методики количественного спектрального определения ряда примесей, нормируемых ГОСТом или представляющих интерес с технологической точки зрения. Разработанные методики позволяют использовать их для определения вредных примесей в сере.

Необходимо устанавливать также элементарный состав серы, что имеет существенное значение для разработки технологических схем получения ее и очистки, связанных с введением в процесс реагентов.

Наиболее характерные частные пробы и все объединенные пробы должны анализироваться также на содержание CaO , MgO , CO_2 , SO_3 , H_2O (кристаллизационная), R_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , SrO , R_2O .

С целью комплексной оценки объединенные или групповые пробы следует подвергнуть анализу для установления содержания урана, ванадия и селена. Содержание указанных компонентов необходимо также проверить на мономинеральных пробах и серных концентратах. Указанные элементы могут определяться радиометрическим или количественным спектральным анализом.

Чтобы избежать проведения излишнего числа анализов при массовом опробовании, следует широко применять простейшие экспрессные методы анализов для отбраковки проб, при соответствующем их контроле, а также сокращать число анализов на компоненты, содержание которых по проведенным на стадии предварительной разведки анализам не имеет практического значения.

Качество анализов должно быть проверено как внутренним, так и внешним контролем в объеме и порядке, установленных инструкцией ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям самородной серы.

Для рыхлых и глинистых руд необходимо определить их гранулометрический состав. Целесообразно также установить содержание элементарной серы в каждой из выделенных фракций.

По пробам, отобраным для определения выплавляемости серы из руды, должны быть установлены температура, при которой начинается свободное истечение серы, и время, необходимое для полного истечения ее из исследуемого образца.

На стадии эксплуатационной разведки по мере накопления информации о технологических свойствах руд исследования проб на выплавляемость теряют свое значение и их можно не производить вообще или проводить выборочно с целью контроля или уточнения технологической характеристики руд.

Определение содержания серы при низком выходе керна или его избирательном истирании не дает надежных результатов. В этом случае целесообразно провести экспериментальные работы по установлению возможности получения данных о содержании серы по каротажу скважин.

Для серных руд карбонатного типа удовлетворительные результаты дает нейтронный гамма-каротаж (НГК-С), для вулканогенных месторождений гидро-термально-метасоматических руд — комплекс, включающий спектрометрический нейтронный гамма-метод (СНГМ) и спектрометрический гамма-метод (СГМ). На серных месторождениях формации вторичных кварцитов обязательна также кавернометрия.

Технологические исследования. Извлечение серы из серных руд можно производить различными способами. Многочисленные методы получения элементарной серы Л. В. Романова (1972) объединяет в пять основных групп:

1. Геотехнологический метод (метод Фраша), заключающийся в выплавке серы прямо в недрах земли, без добычи и подъема руды на поверхность. В сероносный пласт по трубам подается под давлением горячая вода или пар при температуре, превышающей точку плавления серы. По другой колонне труб нагнетается сжатый воздух, под действием которого смесь расплавленной серы с горячей водой поднимается на поверхность по третьей колонне труб.

2. Термические методы, при которых сера получается в результате выплавки или испарения из кусков руды. Это самые старые и принципиально наиболее простые методы. Сейчас они почти не применяются в промышленности из-за низких экономических показателей. Одна из современных модификаций метода, разработанная Московским химико-технологическим институтом, заключается в том, что серная руда, дробленная до 5—8 мм, поступает на шнеки, обогреваемые паром. При этом она подсушивается, плавится и в жидком состоянии загружается в многоретортную печь. Расплавленная руда поступает в реторты и нагревается до температуры возгонки серы (450—500° С). Пары серы очищаются от пыли и поступают в котел-конденсатор.

Сера, полученная термическим методом, не требует дополнительной очистки от органических веществ, так как процесс получения ее идет без применения реагентов, но при этом процессе не устраняется возможность загрязнения серы летучими примесями, содержащимися в руде.

3. Экстракционные методы, состоящие в обработке руды реагентами, растворяющими серу. Из-за дороговизны, токсичности и трудностей регенерации растворителей эти методы не получили распространения в серной промышленности.

4. Автоклавный (паро-водяной) метод, заключающийся в обработке руды перегретым паром. Сера при этом выплавляется и отделяется от примесей. Для нормального протекания процесса в автоклав подаются реагенты: гидрофлизаторы — для пептизации частиц породы в воде и керосин — для флокуляции расплавленных частиц серы. Введение реагентов увеличивает зольность серы и содержание в ней органических веществ. Для повышения сортности серы требуется дополнительная очистка.

Непосредственная автоклавная обработка эффективна лишь для руд и концентратов с высоким содержанием серы (50—70% и более). Поэтому обычно автоклавной плавке подвергается флотационный серный концентрат.

5. Комбинированные методы являются основными в отечественной и европейской серной промышленности. Из серных руд, содержащих 7—25% элементарной серы, флотацией получают концентрат, содержащий 65—80% серы

Из последнего сера извлекается автоклавными или другими методами, чаще всего методом фазового обмена и методом фильтрации.

Выбор технологии получения серы определяется условиями залегания серных руд, их вещественным составом и строением. Так, наличие больших запасов, водонепроницаемость покрывающих серный пласт третичных глин и подстилающих гипсо-ангидридов создают на предкарпатских месторождениях благоприятные условия для получения серы методом подземной выплавки. Условия Гаурдакского месторождения благоприятны для применения метода ПВС по характеру вкрапленности (крупная) и значительной мощности сероносных пластов. Руды указанных месторождений, добываемые при карьерной разработке, хорошо перерабатываются комбинированным методом.

Серные руды Водинского месторождения отличаются от руд других месторождений осадочной серы невысоким содержанием полезного компонента (9—13%), повышенным количеством доломита, гидрослюд и органического вещества. Структура их в основном неравномернозернистая, с преобладанием мелкозернистой. Эти особенности руд требуют применения усложненных схем обогащения и тонкого помола руды.

Вулканогенные серные руды с технологической точки зрения могут быть разделены на два типа: импрегнационно-метасоматические и иловые. Первые характеризуются тончайшим взаимным прорастанием серы и минералов вмещающей ее породы. В силу этого флотационного обогащения не обеспечивают большой селективности. При высоком содержании серы в руде возможна прямая плавка руды с получением товарной серы.

Чрезвычайная природная дезинтегрированность минералов, образующих иловые руды, обуславливают высокую эффективность флотации. Для правильного выбора технологии получения серы необходимо произвести технологические исследования руд на представительных пробах. Размер таких проб зависит от их назначения и способов испытания, а также от сложности минерального состава руды, содержания серы в ней и наличия вредных примесей.

В зависимости от стадии изучения месторождения подход к отбору проб должен быть различный. На ранних стадиях отбираются пробы для лабораторных исследований от каждого типа руды по вещественному составу и разновидностей по структурно-текстурным особенностям.

Пробы эти обычно небольшой массы и могут быть отобраны из керна скважин или имеющихся горных выработок. После лабораторных испытаний для разработки промышленной схемы и уточнения технологических показателей на месторождениях с технологически неосвоенными рудами следует отобрать пробы для испытаний в полупромышленных, реже в промышленных условиях. Эти пробы отбираются от каждого типа руды, имеющего свои технологические особенности.

При разведке месторождения самородной серы, разработка которого намечается методом подземной выплавки, обязательно должны быть проведены опытные работы в объеме, необходимом и достаточном для решения вопроса о возможности и экономической целесообразности подземной выплавки серы. Опытная подземная выплавка ее должна проводиться на таких участках, где геологическое строение, типы руд и их качество характерны для всей территории, предназначенной для разработки методом ПВС. При проведении опытных работ необходимо иметь в виду, что эффективная работа установок ПВС в ряде случаев возможна только при условии применения специальных технических мероприятий (кольматация пород в выработанных частях залежей

и крупных карстовых и других полостей, управление потоком теплоносителя, строительство противофильтрационных завес и др.).

Объемная масса. Определение объемной массы должно проводиться для каждого имеющегося на месторождении типа руд лабораторным способом и путем выемки целиков объемом от 1 до 3 м³. Размеры целиков зависят от строения сероносных залежей. Для однородных плотных руд допустимо определение объемной массы только по штучным пробам в лабораторных условиях. Одновременно с определением ее по этим же пробам находится естественная влажность руд.

Количество проб для определения объемной массы зависит от разнообразия промышленных типов и сортов серных руд, степени выдержанности их показателей и должно быть достаточным для надежного установления объемной массы каждого из них.

Комплексность изучения месторождений серы. В серных рудах обычно в небольших количествах содержится целестин и сульфиды металлов, которые при определенных условиях могут представлять практический интерес. Вследствие этого уже на стадии предварительной разведки необходимо производить спектральный анализ руд, а на последующих стадиях изучения месторождения — устанавливать содержание попутных компонентов как в руде, так и в продуктах обогащения.

Целестин всегда сопровождает серу в осадочных месторождениях. Содержание его колеблется от следов до 3% и выше. При обогащении серных руд целестин концентрируется в хвостах флотации, в которых его содержание, как показатели опытные работы, увеличивается в 1,2—1,4 раза по сравнению с исходной рудой.

Содержащиеся в рудах некоторых месторождений сульфиды металлов ввиду небольших концентраций в настоящее время при получении серы не извлекаются, однако в дальнейшем они могут получить практическое значение. Вследствие этого при проведении разведочных работ следует определять их содержание в руде, устанавливать, в каких минералах и продуктах обогащения они концентрируются, составлять баланс распределения.

Изучение попутных компонентов следует производить лишь при намечаемой разработке месторождения с выдачей руды на поверхность. При разработке месторождения методом подземной выплавки серы попутные компоненты извлечены и утилизированы быть не могут. Это обстоятельство необходимо учитывать как при планировании аналитических работ, выполняемых в процессе изучения месторождения, так и при выборе системы разработки его.

Кроме попутных компонентов при открытой разработке месторождения практический интерес могут представлять вскрышные породы и хвосты флотации и других методов переработки серных руд после извлечения их на поверхность. Поэтому в процессе изучения месторождения необходимо изучать качество вскрышных пород и продуктов переработки руд, устанавливать область возможного их использования и технико-экономическую оценку утилизации.

Изучение попутных компонентов, пород вскрыши и продуктов переработки серных руд должно проводиться в соответствии с Временными требованиями ГКЗ СССР к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видов минерального сырья.

ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ И СУЛЬФАТ НАТРИЯ

Поваренная соль. Основным минералом поваренной соли является галит (NaCl). В качестве примесей обычно содержится гипс и ангидрит, карбонатный и глинистый материал, сульфат натрия, сульфат и хлорид магния, органические вещества, включения газов, рассолов и т. д. На многих месторождениях поваренная соль содержит скопления калийных минералов, чаще всего сильвина или карналлита. Эти примеси ухудшают качество соли.

Одним из наиболее крупных потребителей соли является химическая промышленность, использующая ее в большом количестве. Наиболее массовые из них — производство едкого натра (каустической соды), хлора, кальцинированной и двууглекислой соды.

Для принятого в СССР заводского метода производства кальцинированной соды по аммиачному способу из поваренной соли и известняка (мела) применяется рассол с содержанием в нем не менее 310—315 г/л NaCl. Единых официально утвержденных требований к соли и рассолу для содового производства нет. В общем виде соль для этого назначения должна удовлетворять требованиям ГОСТ 13830—68 ко второму сорту (табл. 10).

По опыту производства соль должна содержать не менее 96—96,5% NaCl, не более 0,63% K; 0,63% Ca⁺⁺; 0,05 Mg⁺⁺; 1,40% SO₄^{''}. В рассоле должно быть не менее 300, лучше 310 г/л NaCl и не более 2 г/л Ca⁺⁺, 1 г/л Mg⁺⁺, 2 г/л K, 4,5 г/л SO₄^{''}. Однако требования эти не являются строго предельными и могут существенно видоизменяться с одной стороны, ужесточаться в целях получения соды более высокого качества, а с другой — ослабляться, в зависимости от особенностей соли конкретных месторождений, способа добычи ее и от экономической целесообразности применения сравнительно простых способов обогащения.

При добыче из месторождения соли (рассола) методом подземного выщелачивания нерастворимые примеси и большая часть ангидрита или гипса остаются в полостях выщелачивания и в рассол, извлекаемый на поверхность, не попадают. Поэтому, при таком методе добычи возможно использование каменной соли с пониженным содержанием NaCl и повышенным — нерастворимого остатка и CaSO₄. В последние десятилетия наибольшее распространение получил метод ступенчатого подземного выщелачивания, обладающий большими преимуществами перед другими методами, заключающимися в возможности отделения нерастворимого остатка и гипса, применения коагулянтов и реактивов для очистки рассола при повышенном содержании Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ или SO₄^{''}, непосредственно в камере выщелачивания.

При оценке качества рассола, который может быть получен указанным способом, следует учитывать, что при химическом анализе соли в растворимую в воде часть переходит весь CaSO₄, если содержание его не превышает 4—6%, остальная часть остается в нерастворимом остатке. Фактически из соли в кондиционный рассол переходит не более 0,5—0,6% CaSO₄ в соответствии с его растворимостью в рассоле. В то же время часть иона Ca может быть связана в виде CaCl₂, обладающего более высокой растворимостью, чем NaCl, а часть сульфат-иона — в виде MgSO₄ или Na₂SO₄, также хорошо растворимых. Поэтому во всех случаях необходим пересчет анализов из ионной в солевую форму, а в кондициях или технических условиях на соль или рассол конкретного месторождения — лимитирование содержания не только ионов, но и этих солей, а также мероприятия по очистке рассолов. Для удаления избытка иона Ca обычно в рассол вводят соду, осаждающую частично и ион Mg. Более полное его осаждение осуществляется введением едкого натра. Применяется также

известково-содовая и известково-сульфатно-содовая очистка. Целесообразность их применения определяется технико-экономическими расчетами. Рассолы методом подземного выщелачивания для производства соды добываются на Славянском, Ново-Карфагенском, Яр-Бишкадакском месторождениях.

Производство едкого натра и хлора из поваренной соли в основной своей части в СССР производится путем электролиза растворов соли. При этом в зависимости от назначения и необходимой чистоты продукта (NaOH) применяются два основных способа электролиза: диафрагменный метод, или метод с железным катодом, и электролиз с ртутным катодом. Последний применяется

Таблица 10

Требования ГОСТ 13830—68 к химическому составу поваренной соли
(в % на сухое вещество)

Сорт	NaCl не менее	Нерастворимый в воде остаток не более	Предельное содержание			
			Ca ^{..}	Mg ^{..}	SO ₄ ^{..}	Fe ₂ O ₃
Экстра	99,7	0,03	0,02	0,01	0,16	0,005
Высший	98,4	0,16	0,35	0,05	0,8	0,005
Первый	97,7	0,45	0,5	0,1	1,2	0,01
Второй	97,0	0,85	0,65	0,25	1,5	0,01

для получения наиболее высококачественного едкого натра, с минимальным количеством примесей. Для получения металлического натрия и попутного получения хлора применяется электролиз расплава хлористого натрия.

Для диафрагменного метода электролиза большей частью применяются рассолы, получаемые методом подземного выщелачивания каменной соли. Требования к качеству соли для этого назначения близки к требованиям ГОСТ 13830—68 к соли высшего сорта. Требования к содержанию нерастворимого остатка и NaCl такие же, как и к соли для производства соды. Содержание Ca[·] должно быть не более 0,4%; Mg^{..}—0,05%; SO₄^{..}—0,84%; K — 0,2%. В рассоле допускается содержание NaCl не ниже 310 г/л. Ca^{..}—1,27 г/л; Mg — 0,16 г/л; SO₄^{..} — 2,68 г/л; K[·] — 0,64 г/л. Как правило, рассол для электролиза дополнительно очищается, поэтому, как и в содовом производстве, возможно некоторое снижение требований к содержанию вредных примесей при соответствующем технико-экономическом обосновании дополнительных затрат на очистку.

Для электролиза с ртутным катодом, которым получают NaOH повышенной чистоты с минимальным содержанием примесей, большей частью используется поваренная соль, каменная или озерная (Баскунчак), из которой готовится сырой рассол. Вакуум-выпаркой из него получают кристаллическую соль, из которой затем готовят рассол для электролиза. Для этой цели используется и выварочная соль. Рассол, получаемый методом подземного выщелачивания соли, используется непосредственно для электролиза с ртутным катодом сравнительно редко. Чаще после очистки вакуум-выпаркой из него получают кристаллический NaCl, из которого — рассол для электролиза.

Содержание в соли, предназначенной для электролиза с ртутным катодом, NaCl и приведенных выше вредных примесей такое же, как и для электролиза с железным катодом, за исключением иона калия (содержание его не должно превышать 0,02%). То же относится и к рассолу, в котором содержание иона K не должно быть выше 0,64 г/л.

Требования к качеству соли, добываемой шахтным способом, наиболее жестки, и по содержанию NaCl и вредных примесей обычно регламентируются в строгом соответствии с ГОСТом на пищевую соль и с другими ГОСТами или техническими условиями, так как обогащение каменной соли обычно слишком трудоемко и дорого.

Сульфат натрия. Основными минералами месторождений ископаемого сульфата натрия являются тенардит (Na_2SO_4) и мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Для промышленных целей ведущее значение имеет безводная соль сульфата натрия — тенардит, порошкообразный или кристаллический. Требования к товарному сульфату натрия регламентируются ГОСТ 6318—68 (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

Требования к химическому составу сульфата натрия, полученного из мирабилита (в % на сухое вещество)

Показатель	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт
Сульфат натрия, не менее	99,3	97,5	94,0
Нерастворимый в воде остаток, не более	0,5	1,5	4,5
Хлориды в пересчете на NaCl, не более	0,2	1,0	2,0
Сульфат кальция, не более	0,05	0,5	1,0
Железо (Fe_2O_3), не более	0,01	0,01	0,03
Влага, не более	0,5	3,0	7,0

Тенардит, добываемый из донных отложений соляных озер, должен иметь влажность не более 15% и содержать (на сухое вещество) не менее 92% Na_2SO_4 и не более 5% NaCl; 0,5% CaSO_4 ; 2,5% нерастворимых в воде веществ и 0,03 Fe_2O_3 .

В связи с отсутствием технических условий на сырье для получения сульфата натрия для каждого месторождения составляются и обосновываются технико-экономическими расчетами кондиции, в которых учитываются вид и конкретные особенности сырья месторождения. Учитывая, что повышенное содержание в рассолах ионов хлора и, особенно, магния вызывает снижение выхода, которое при достаточно высоком содержании сульфат-иона может быть увеличено за счет разбавления рассолов слабоминерализованной, например, морской водой, в ряде случаев кондициями целесообразно охватывать и химический состав, и минерализацию рассолов. Это особенно важно при комплексном их использовании. По-видимому, в дальнейшем необходимо лимитировать кондициями химический и минеральный состав твердых солей, в которых заключены рассолы, или солей, которые залегают под поверхностной рапой, так как откачка рассолов и рапы нарушает сложившееся равновесие между твердой и жидкой фазой и вызывает переход солей в раствор, нередко изменяя его состав, а следовательно, и выход мирабилита. В разное время на Кара-Богаз-Голе кондициями устанавливались минимальные выходы мирабилита из рассолов в 105 и 140 кг из кубометра рассола. Фактические выходы колеблются от 65 до 260 кг/м³.

Генетические и промышленные типы месторождений. В соответствии с классификацией А. А. Иванова (1972) все месторождения минеральных солей по времени образования разделяются на две основные группы: современные, формирование которых продолжается в настоящее время, и ископаемые, образовавшиеся в прошлые геологические периоды (ранний кембрий — неоген).

По условиям питания солеродных бассейнов выделяются подгруппы формаций и месторождений морского и континентального генезиса.

Среди галогенных формаций и месторождений ископаемых солей морского генезиса выделяются образовавшиеся: 1) в лагунах на наклонной к морю площадке; 2) в крупных морских заливах, сообщавшихся с морем через пролив; 3) в крупных открытых заливах краевых участков морей, в эпиконтинентальных морях; 4) во внутриконтинентальных бассейнах морского типа.

Современные бассейны морского генезиса, в которых происходит накопление солей, менее разнообразны. Среди них преобладают лагунный тип и тип морских заливов, питающихся через пролив. Из первых можно отметить многочисленные лагуны и лиманы по берегам Черного и Каспийского морей, из вторых Н. М. Страхов (1962) выделяет две группы формаций, или два подтипа по условиям питания и конфигурации залива, близких к современным: Кара-Богаз-Голу, имеющему округлые очертания, и Бокано-де-Верилла в Южной Америке, узкому, вытянутому. Отнесение некоторых из бассейнов к типу морских внутриконтинентальных бассейнов представляется спорным: в равной мере они могут быть отнесены и к континентальным образованиям.

Галогенные формации и месторождения ископаемых солей континентального генезиса встречаются редко. Их размеры и мощность легкорастворимых солей, по сравнению с сопутствующими им гипсоносными и терригенными отложениями, в основном небольшие, но в отдельных случаях достигают нескольких десятков метров.

Ископаемые месторождения содовых минералов, представленных троней ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), термонатритом ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), а также большой группой двойных солей, — шортитом, писонитом, гейлюсситом, нахколитом, нортупитом и тишитом, встречаются очень редко. Единственное месторождение их обнаружено только в штате Вайоминг (США).

Современные озерные месторождения солей континентального генезиса гораздо разнообразнее древних месторождений того же происхождения и существенно отличаются от них.

По составу рассола соляные озера М. Г. Валяшко (1962) разделяет на три типа: 1) карбонатный тип характеризуется следующим солевым составом рассола — Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , MgCO_3 , CaCO_3 ; 2) сульфатный тип подразделяется на два подтипа — сульфатно-натриевый с составом Na_2SO_4 , NaCl , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 и хлормagneиный с составом NaCl , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgSO_4 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 ; 3) хлоридный тип характеризуется составом NaCl , MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , CaCl_2 .

По состоянию озерного рассола различаются рапные, сухие и подпесочные озера. Последние не имеют поверхностной рапы в течение всего года и часто несут следы карстования.

По наличию и составу твердых отложений солей выделяются озера: иловые — без донных отложений солей, самосадочные — имеющие только ново-садку, садочные и старосадки; корневые озера имеют отложения старосадки и корневых солей, они могут быть рапными и «сухими».

Среди соляных озер, представляющих промышленный интерес для разработки методики их изучения и условий эксплуатации, целесообразно выделить три группы озер, в которых: 1) соли заключены только в жидкой фазе; 2) под слоем поверхностной рапы имеются отложения солей, пропитанные межкристалльной рапой, и 3) основная масса солей находится в твердой фазе, а также в межкристалльной рапе, пропитывающей пласт солей. Разумеется,

деление это условное, так как озера со временем переходят из одной группы в другую, от рапных к «сухим». Однако в краевых частях засушливой зоны озера могут совершать этот переход длительное время и оставаться в одной из групп десятилетиями.

Ископаемые месторождения каменной соли и сульфатов натрия по их промышленному значению, методам изучения и эксплуатации можно разделить на несколько групп, выделив из них наиболее промышленно ценные. Ископаемые месторождения сульфата натрия и солей, пригодных для его получения, отличаются значительной изменчивостью минерального и химического состава солей, а также соотношениями легкорастворимых солей, глауберита, гипсово-карбонатных илов и галонелитов. При необходимости их промышленной оценки они, как правило, могут быть отнесены в одну группу с мелкими, не выдержанными по качеству и условиям залегания месторождениями галита. Среди них имеются месторождения континентального (Чуль-Адыр, Кочкорка) и месторождения морского генезиса (Узунсу, Кушканатау). Почти во всех месторождениях встречены пласты галита обычно небольшой мощности. Галит в них редко имеет самостоятельное значение и может использоваться в основном попутно при комплексном освоении месторождения. Иногда, из-за большого его загрязнения он добывается для местных нужд в качестве кормовой соли для скота.

Ископаемые месторождения каменной соли по размерам и морфологии соляных залежей, сложности их внутреннего строения и условий залегания, выдержанности мощности, качества и технологических свойств соли можно разделить на четыре основных типа: 1) пластовые, выдержанные по мощности и качеству соли; 2) пластово-линзообразные, относительно выдержанные по мощности и сравнительно устойчивые по качеству соли; 3) пластово-линзообразные и линзообразные, не выдержанные по мощности, со сложным внутренним строением, относительно устойчивые по качеству соли; 4) солянокупольные структуры, не выдержанные по строению и мощности соляной толщи, неустойчивые по качеству соли.

К первому типу относятся соляные залежи, протягивающиеся на десятки и сотни километров, залегающие почти горизонтально или полого падающие, незначительно нарушенные, с небольшой амплитудой колебаний мощностей пластов соли и содержания основного вещества и примесей. К этому типу могут быть отнесены: Тыретьское месторождение в Иркутском соленосном бассейне (кембрий), Новомосковское месторождение в Подмосковном бассейне (средний девон), Артемовское и Славянское месторождения в Донбассе (нижняя пермь), Гусевское месторождение в Калининградском бассейне (верхняя пермь) и др.

Ко второму типу относятся соляные залежи протяженностью до нескольких десятков километров. Они сложены толщами соли, представляющими в разрезе и в плане чередование участков соли с разной степенью загрязнения примесями, иногда образующими различные по составу линзы соли, замещающие друг друга и выклинивающиеся, а также залегающие горизонтально или наклонно на крыльях антиклинальных или синклинальных складок, иногда тектонически нарушенные, но без явных проявлений диапировой тектоники. К этому типу могут быть отнесены Неграмское и Нахичеванское месторождения в Нахичеванской мульде (неоген), Эларский и некоторые другие участки Приереванского бассейна (неоген), Шедокское месторождение на Северном Кавказе (юра) и др.

К третьему типу относятся соляные залежи, сложенные чередующимися и замещающими друг друга линзами каменной соли различного состава, иногда

с линзами других солей, выклинивающимися на сравнительно коротких расстояниях. Нередко они осложнены тектоническими нарушениями и часто приурочены к антиклинальным или синклинальным структурам. В пределах каждой линзы качество солей сравнительно устойчивое. К этому типу могут быть отнесены: Тут-Булакское месторождение в Таджикистане (нижний мел), Яр-Бишкадакское в Башкирии (нижняя пермь) и др.

К четвертому типу относятся соляные залежи или части их, слагающие центральные тела или ядра антиклиналей. К этому же типу могут быть отнесены: Ефремовское, Мозырское, Сереговское месторождения, приуроченные к соляным куполам, Солотвинское и Ходжамумынское — к солянокупольным структурам, Камыш-Курганское месторождение, приуроченное к сложно построенной Кызыл-Джарской антиклинали и др.

Современные соляные озера. Поиски современных соляных озер. Проведению поисков озер должны предшествовать предполевые камеральные работы, основной задачей которых является выбор объектов, заслуживающих полевого обследования.

Предполевые камеральные работы включают: 1) сбор и обобщение литературы и фондовых материалов, включая кадастры и сводки разных лет; 2) сбор и изучение картографических материалов; 3) сбор и анализ аэрофотосъемочных материалов по съемкам прежних лет, их дешифрирование. Все три вида камеральных работ рекомендуется проводить параллельно, с соответствующей их координацией и сопоставлением полученной информации.

Общие поисковые работы заключаются в обследовании перспективного для поисков района пешеходными и автомобильными маршрутами и в проверке объектов, намеченных камеральными работами. При обследовании больших территорий целесообразно применять аэровизуальные наблюдения с самолета или вертолета. В полете фиксируются все особенности и характерные детали озер, их взаимное расположение, характер связи между ними, береговые полосы, впадающие в них ручьи и овраги, условия подхода и подъезда к ним. Для проведения наземных маршрутов используются автомашины повышенной проходимости или вездеходы.

Обследование озера обычно требует проведения пешеходного маршрута по периметру озера или подъезда к нему с нескольких точек на противоположных берегах, а также пересечения его по нескольким поперечникам. Обследуется состояние соровой полосы: ее ширина, вязкость, топкость, наличие родников, выцветов солей, пятен ожелезнения, ручьев, оврагов, террас; степень ее заливания и засоления. Описывается состояние поверхности озера, устанавливается наличие полигональных отдельностей, трещин, валиков галита, участков с пшечками «пикоти» и с уплотненным галитом; фиксируются «окна», промоины, места их размещения на озере, глубина и размеры.

По крестообразным пересечениям, профилям или редкой сетке проходятся закопунки или шурфы, по которым описывается строение и характер слоев солей и их загрязненность. В рапе из шурфов определяется ее плотность и температура, отбираются пробы на химический анализ. Мощность соли нередко приходится устанавливать щупом. Мерной рейкой на озерах промеряются глубины рапы; щупом проверяется мощность илов, наличие отложений солей. Используются также различными пробоотборниками и грунтоносами.

Детальные поисковые работы проводятся на соляных озерах, выбранных в результате проведения предварительного этапа поисков или предполевых камеральных работ. При этом резко сокращается количество обследуемых озер и увеличивается время на изучение каждого из них.

На «сухих» соляных озерах, в зависимости от строения солевой залежи и ее обводненности проходятся скважины или шурфы. Бурение солей часто осуществляется желонкой.

На каждом озере в зависимости от его размеров проходится от 3—4 до 10—15 скважин или шурфов. Последние проходятся на мирабилитовых или тенардитовых озерах. Щупом проверяется наличие залежи между скважинами и ее границы в прибрежных частях озера. Из скважин и шурфов отбираются пробы солей и рапы на химический анализ. Отбор их ведется параллельно с документацией, как правило, по макроскопически выделенным интервалам или слоям, характеризующимся разным составом солей или степенью их загрязненности. Помимо документации выработок производится тщательное описание озера, отложений солей в нем и соровой полосы.

На рапных озерах промеряются глубины рапы, проверяется наличие и состав донных отложений солей, мощность илов в разных частях озера, определяется плотность и температура рапы в центральных и прибрежных частях, в приповерхностном и придонном слоях ее, отбираются пробы на химический анализ.

По результатам обследования выбираются озера для дальнейшего изучения.

Поисково-оценочные работы. На этом этапе существенно изменяется основная задача поисковых работ. От проверки и получения ориентировочных сведений о соляных озерах, заслуживающих дальнейшего изучения, переходят к количественной оценке запасов солей и рапы, определению соответствия их качества требованиям промышленности, выяснению режима озера и его стабильности, а также выявлению запасов солей, по степени изученности отвечающих требованиям к категории С₂.

На «сухих» соляных озерах проходят скважины (реже шурфы) с полным пересечением солевой залежи. На крупных озерах бурение желательно проводить самоходной буровой установкой. Для этого заблаговременно выбираются наименее топкие участки соровой полосы и через них строится насыпь или гать. Иногда возможно форсирование соровой полосы машинами с помощью дощатых щитов или настилов.

Скважины в зависимости от округлой, овальной или протоковидной формы озера располагаются по квадратной или прямоугольной сети с таким расчетом, чтобы ими были равномерно освещены и прибрежные, и центральные участки озера. Расстояния между скважинами зависят от размеров озер, выдержанности мощности и строения солевой залежи; они могут изменяться от 1—2 км на крупных озерах до 800—400 и даже 200 м на относительно мелких. На таких крупных озерах, как Кара-Богаз-Гол, они могут увеличиваться и до 4—5 км. Такой сетью озеро, как правило, освещается целиком. На линии, проходящей через центральные части озер, стараются расположить не менее 4—5 выработок. Сеть принимается с расчетом дальнейшего использования ее при более детальном изучении озера.

Обследование рапных озер специфично. В озерах без отложений солей оно сводится к промеру глубин рапы по профилям с лодки или понтона, отбору небольшого количества проб рапы в их центральных и краевых частях, проверке щупом донных иловых отложений и отбору единичных проб. Для получения общих сведений о режиме озера желательно повторное обследование озера осенью, зимой и весной.

В процессе изучения соляных озер большое, иногда решающее значение имеет установление стабильности озера, характера и скорости протекающих

в нем процессов изменения состава рапы и отложений солей, для определения которых необходим более длительный срок наблюдений за озером. Поэтому еще на стадии поисков на озерах оборудуются наблюдательные посты и организуются стационарные наблюдения за режимом озера, включающие наблюдения за уровнями, температурой, плотностью поверхностной рапы, а на рапных озерах с отложениями солей и на «сухих» озерах также за межкристалльной рапой. Одновременно организуются наблюдения за грунтовыми водами в окрестностях озера. На наблюдательных постах регулярно, не реже одного раза в месяц отбираются пробы рапы и грунтовых вод на химический анализ. Систематически отбираются также пробы солей с учетом перехода некоторых из них в жидкую фазу в одни сезоны и в твердую фазу — в другие, на химический и минералогический анализ. Иногда отбираются и пробы илов.

Начиная с ранних стадий изучения озера, необходима организация полевой лаборатории, в которой можно производить в кратчайшие сроки после отбора проб экспресс-анализы, включающие определение всех основных компонентов, простейшие минералогические анализы, а также обрабатывать и консервировать пробы для более глубокого изучения в условиях стационарной лаборатории.

Важнейшую роль играет тщательная, детальная и квалифицированная документация солей, в которой должны быть отражены количество, форма нахождения, характер взаимосвязи солевых минералов, особенно нестабильных и загрязняющих соли примесей. Пробы отбираются, как правило, послонные. Массовыми химическими анализами солей в полевой лаборатории обычно определяется содержание Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Na (по разности), нерастворимых в воде примесей (п. о.) и H_2O . Обычно производится анализ водной вытяжки пробы, но иногда, для полного извлечения гипса, приходится комбинировать ее с солянокислой вытяжкой, особенно при наличии в солях глауберита, а также карбонатов кальция и магния. Анализами рапы и грунтовых вод определяются те же компоненты, только вместо п. о. и H_2O определяется содержание плотного или сухого остатка. Определения K , Br , B , Str , Fe и других микрокомпонентов производится в стационарных лабораториях.

Результаты анализов, выраженные в ионной форме: солей — в весовых процентах, рапы — в граммах на 1 кг или 1 л раствора, а также в грамм-эквивалент-процентах — обязательно пересчитываются на солевой состав.

На основе поисково-оценочных работ выбирается озеро (одно или несколько) или часть его для производства предварительной разведки с учетом количества необходимых запасов, а также перспектив расширения будущего предприятия.

Предварительная разведка озерных месторождений солей проводится на соляных озерах, выявленных поисковыми работами. Основной задачей предварительной разведки является дальнейшее изучение соляного озера в объемах, обеспечивающих предварительную геолого-экономическую оценку его, определение возможных и допустимых масштабов эксплуатации, решение вопроса о целесообразности и сроках его освоения и перехода к детальной разведке.

Для этой цели более полно, чем при поисково-оценочных работах, изучается режим соляного озера, условия питания его водой и солями в объемах, необходимых для надежного прогнозирования состояния озера на период его возможной эксплуатации.

Расположение выработок и плотность разведочной сети или точек промера глубин и опробования поверхностной рапы определяются в каждом отдельном случае в зависимости от особенностей соляного озера. При этом рапные озера

на стадии предварительной и детальной разведки изучаются полностью; только в точках наиболее вероятных разведочных работ проводятся дополнительные специальные исследования. Жидкая фаза рапных озер с отложениями солей изучается равномерно по всему озеру, а отложения солей наряду с предварительным изучением их по всему озеру на крупных соляных озерах должны обследоваться более детально на перспективных для первоочередного освоения участках. На «сухих» озерах, особенно крупных, наряду с предварительным изучением твердой и жидкой фаз по всему озеру производится более детальное обследование отложений солей и межкристаллической рапы на отдельных участках озер.

Основным видом разведочных выработок для изучения солевых отложений соляных озер являются скважины колонкового бурения. Желательно, чтобы диаметр колонковых труб был возможно большим, при бурении пласта «гранатки» не менее 127 или 168 мм, а скорость вращения снаряда — минимальной.

Для получения ненарушенного керна по рыхлым пластам солей целесообразно применять самоходные станки с забивным стаканом, с одновременной обсадкой труб, а также станки вибрационного бурения, которые выпускаются для инженерно-геологических работ.

На «сухих» и особенно на рапных озерах применяется также зондировочное бурение, основной задачей которого является установление сплошности солевых отложений, ориентировочной мощности ее между основными разведочными выработками, выявление участков, где она замещена илом, и ее оконтуривание в прибрежных частях озера. Располагаются зондировочные скважины профилями между разведочными скважинами или по сети в 2—4 раза более густой, чем сеть разведочных скважин.

На крупных озерах с хорошей выдержанностью мощности пласта и качества соли расстояния между разведочными скважинами на площадях с запасами, отнесенными к категории C_1 , составляют от 400 до 800 м, на более мелких они сокращаются до 200—400 м, а на мелких, с невыдержанным качеством соли или мощностью пласта могут составлять 100—200 м. Однако при очень больших размерах озера чрезмерное разрежение сети недопустимо, так как оно может привести к пропуску крупных участков с некондиционным качеством соли или малой мощностью пласта. На таких озерах до категории C_1 разведываются только лучшие и наиболее удобные участки, но с расстояниями между скважинами не более 0,8—1,0 км. Выявление таких участков производится на первом этапе предварительной разведки с помощью более редкой сети скважин — 4—2 км.

На «сухих» мирабилитовых и тенардитово-мирабилитовых озерах вместо разведочных скважин иногда проходятся шурфы, проходка которых возможна из-за сравнительно низких коэффициентов фильтрации пластов мирабилита и тенардита. На «сухих» галитовых озерах проходка шурфов обычно невозможна из-за оплывания стенок и столь больших водоприборов, что понизить уровень рапы не удается даже мощными насосами. При крайней необходимости для отбора полупромышленных проб проходка единичных шурфов производится с применением очень сложных и дорогостоящих инженерных мероприятий.

Следует подчеркнуть, что в стадию предварительной разведки месторождение и заключенные в нем соли необходимо опробовать и изучать с такой же полнотой и детальностью, как и при детальной разведке. Такая необходимость обуславливается тем, что именно в эту стадию должен принципиально решаться вопрос о целесообразности промышленного освоения месторождения, основных областях использования сырья, способах его добычи, обогащения и переработки, характере и степени изменчивости его свойств, качества и состава, его режиме и стабильности жидкой и твердой фаз.

Предварительная разведка рапных соляных озер, в которых основным полезным ископаемым является рапа, заключается в единовременных по всему озеру промерах глубин и отборе проб рапы по разреженной сети, обычно соответствующей принятой для категории C_1 . Плотность сети промеров глубин, как правило, должна быть одинаковой по всему озеру; то же относится и к точкам отбора проб, т. е. все запасы рапы по всему озеру должны относиться к одной категории. Это не исключает более частых промеров глубин и отбора дополнительных проб на участках с теми или иными отклонениями по глубине или составу рапы для выяснения их характера и влияния на запасы или состав рапы. Единовременные промеры глубин и отбор проб чаще всего проводятся в августе или сентябре, в период наибольшей концентрации солей в рапе. Они обязательно должны дополняться по меньшей мере двухгодичным циклом наблюдений за изменением уровней рапы, ее плотности, температуры и химического состава.

Для разведки соляных озер геофизические методы исследований пока не применялись, несмотря на то, что использование их могло бы быть очень эффективным, чему способствует расположение месторождений практически у поверхности земли и значительные различия физических свойств пластов солей разного состава. Очевидно, в ближайшее время целесообразно разработать комплекс наиболее эффективных площадных и каротажных методов и проверить его в полевых условиях. Необходимость скорейшего внедрения геофизических методов в поиски и разведку соляных озер обуславливается большими трудностями изучения внутреннего строения и состава пластов солей, часто неустойчивых, с пористостью до 30—40%, насыщенных рапой, не позволяющих получать при бурении скважин вполне достоверные данные по рыхлым породам и проверять их шурфами. Очевидно, для этих целей можно будет использовать, как площадные, или поисковые, методы, применяемые для выявления различных физических аномалий с поверхности озера и его прибрежных частей, так и поисково-разведочные, или каротажные, используемые для исследования геологического разреза по поисковым и разведочным скважинам. Из первых наиболее приемлемыми могут быть электрометрические методы: электротондирование и электропрофилирование, различные модификации электротермических, термометрических и оптико-волновых методов, включающих измерение излучений и поглощения в инфракрасной и ультрафиолетовых частях спектра, а также радиометрические — съемка. Очень интересные результаты могут быть получены при ультразвуковом «просвечивании» солевых и иловых отложений озер. Из каротажных методов перспективно применение электрокаротажа, термокаротажа, ультразвукового или акустического каротажа, разнообразных методов радиометрического каротажа, включающих нейтрон-нейтронный, нейтронный — гамма-, и плотностной гамма-гамма- и гамма-каротаж.

Детальная разведка соляных озер проводится буровыми скважинами, в редких случаях шурфами (мирабилитовых и тенардитово-мирабилитовых «сухих» озер), которые располагаются с учетом скважин, пробуренных на стадии предварительной разведки, и намечаемой системы разработки месторождения. Расположение скважин и ориентировка разведочной сети определяются на стадии предварительной разведки месторождения и уточняются на стадии детальной разведки при последовательном сгущении сети. Рекомендуемые инструкцией ГКЗ (1961 г.) расстояния между скважинами и шурфами не должны рассматриваться как обязательные. В то же время расстояния между скважинами в 400 м для категорий В и 800 м для категории C_1 применимы только на очень крупных соляных озерах с очень выдержанными

на больших расстояниях по мощности, составу и качеству пластами солей; дальнейшее разрежение сети нельзя признать целесообразным.

В процессе детальной разведки толща солей в озере расчленяется на слои и пласты, характеризующиеся однородным минеральным составом и близким содержанием основных компонентов, а также на слои — некондиционные, загрязненные илом или другими примесями. Слои, прослои и линзы солей должны быть прослежены, сопоставлены и увязаны во всех скважинах. Необходимость этой увязки в значительной степени определяет оптимальную плотность разведочной сети.

При детальной разведке вытянутых, протоковидных соляных озер необходимо расположить разведочную сеть таким образом, чтобы в каждом профиле было не менее 4—5 скважин, освещающих прибрежные и центральные части солевой залежи.

Детальная разведка производится обычно с использованием топографической основы масштаба 1 : 2000 или 1 : 5000. На крупных озерах возможно применение топоосновы масштаба 1 : 10 000, но с более детальным сечением горизонталей, чем принимаемое при съемке этого масштаба. Топографическая съемка должна охватывать не только соровую полосу вокруг озера, но и его коренной берег на расстояниях от 100 (на мелких) до 500—1000 м (на крупных озерах). Скважины на соляных озерах должны пересекать все отложения солей и углубляться в подстилающие эти отложения и слой ила породы на глубину, достаточную для решения вопроса об их коренном залегании. В ряде случаев углубление скважин на 1—2 м в подстилающие породы целесообразно для выяснения условий питания озер.

В более редких случаях, когда мощность солевой залежи велика (до 10—20 м и более), большая часть скважин проходится до установленного горизонта разработки месторождения. Меньшая же их часть вскрывает все пласты солевой залежи и углубляется в подстилающие породы.

Значительное место в разведочных работах занимает изучение соляного карста, распространенного во многих озерах — в прибрежных частях и районах развития «окоп». Изучение его распространения и морфологии обычно осуществляется зондировочным бурением или шупами. На озерах, в которых солевая залежь покрыта слоем рапы, а бурение ведется с понтонов или специальных оснований, особенно важна точная привязка точек заложения скважин, которая большей частью производится до начала бурения и проверяется при установке бурового станка на эти точки. Детальная разведка рапных соляных озер с солевой залежью на дне, как правило, очень трудоемка и сложна, поэтому в данном случае особенно важно проводить последовательное сгущение сети скважин с расчетом ограничения их минимально необходимым количеством. Общее количество скважин, пройденных на площади разведки солей по промышленным категориям, должно быть достаточно большим (во всяком случае, не меньше нескольких десятков). Для обеспечения отбора представительных проб из донных отложений солей очень важны тщательная обсадка трубами солевой залежи для изоляции ее от поверхностной рапы, а также достаточно большой диаметр бурения.

Опробование озерных месторождений солей является неотъемлемой частью поисков и разведки и заключается в отборе, обработке и изучении проб полезного ископаемого — твердых солей или рапы.

Важнейшая задача исследователя состоит в разработке и выборе оптимальной системы опробования.

Чаще всего в соляных озерах в качестве полезного ископаемого рассматриваются твердые отложения солей, значительно реже — межкристалльная или поверхностная рапа и еще реже — их комплекс. В период поисковых работ твердые соли и рапа обычно опробуются в равной мере. В процессе разведки, как правило, внимание сосредоточивается на опробовании основного полезного ископаемого. Между тем опробование только твердых солей или только рапы на этом этапе недопустимо, так как не позволяет получить полноценную качественную характеристику полезного ископаемого и установить характер и условия перехода солей из одной фазы в другую и обратно. Отбор проб солей производится из всех пройденных на озере поисковых и разведочных выработок.

В зависимости от конкретных особенностей озера количество точек опробования поверхностной рапы может изменяться в широких пределах. В случае же, если рапа рассматривается в качестве основного полезного ископаемого, количество точек опробования должно быть не менее 50—100. Основная часть точек опробования должна располагаться по правильной сети, равномерно освещающей участки со средними, наибольшими и наименьшими глубинами. Небольшая часть точек отбора проб располагается на прибрежных участках сороковой полосы, развития «окон» и мелководья, в приустьевых частях оврагов и речек.

Если межкристалльная рапа является основным объектом разведки пробы, то ее обычно отбирают из всех скважин, реже (при высокой выдержанности состава и свойств) по разреженной сети. Пробы солей отбираются послойно, реже интервалами, длина которых, как правило, определяется условиями намечаемой эксплуатации. На стадиях поисков и предварительной разведки желателен отбор проб из всех слоев, отличающихся составом и характером загрязнения (даже при их мощности 10—20 см). На последующих этапах разведки маломощные прослойки обычно объединяются в более крупные слои или близкие по мощности интервалы, как правило не превышающие 0,5—1,0 м.

Поверхностная рапа мощностью до 1 м характеризуется одной пробой из средних слоев; при большей мощности ее слоя отбирается по три пробы: из поверхностных, средних и придонных слоев в каждой точке. Пробы межкристалльной рапы отбираются послойно, из пластов разного минерального состава или с интервала 1—2 м.

Отбор проб солей производится: из скважин колонкового бурения — по керну; из скважин других видов бурения — из материала, извлекаемого желонкой или стаканом; из шурфов — в виде борозды, сечением в зависимости от величины кристаллов и сростков соли (чаще всего 5×3 или 5×10 см).

Обработка проб солей осуществляется по обычной схеме, составленной в соответствии с формулой Чечотта. Для озерных месторождений K лежит в пределах 0,1—0,5. Отбор проб поверхностной рапы по всей площади озера проводится одновременно и совмещается с промером глубин.

Изучение режима соляного озера должно начинаться еще в стадии поисковых работ. Изучение включает: наблюдения за его водно-солевым режимом, выяснение взаимоотношений в нем жидкой и твердой фаз, установление воздействующих на режим озера факторов, наблюдения за испарением и опытные работы. Обычно изучение водно-солевого режима озера сводится к систематическим замерам уровня рапы (уровенный режим), ее температуры (термический режим), плотности, к определению химического состава и концентрации в рапе солей (гидрохимический режим). Для рапных озер этот комплекс наблюдений считается достаточным. Наблюдения проводятся

ежедневно, раз в 3 дня, раз в 10 дней и даже раз в месяц. Оптимальная периодичность наблюдений определяется в начальный период изучения озера.

Пробы рапы для химического анализа отбираются раз в месяц, иногда раз в 10 дней. Желательно освоение и применение на озерах приборов-самомписцев.

При продолжительности наблюдений в течение двух-трех лет очень важно, чтобы период наблюдений характеризовался наиболее типичными (по многолетним данным ближайшей метеостанции) климатическими условиями. Если показатели наблюдений в отдельные годы получаются разными, их, как правило, следует продолжить еще 1—2 года. Существенное значение имеет правильное размещение на озере наблюдательных постов. Они должны характеризовать как участки с наиболее типичными для всего озера параметрами рапы, так и участки, где она в течение года претерпевает наибольшие изменения. В зависимости от размеров озера и необходимой длительности изучения на нем оборудуются два или четыре основных поста и столько же (или несколько больше) дополнительных постов. Основные посты наблюдения за поверхностной рапой целесообразно совмещать с постами наблюдения за напорными и грунтовыми подземными водами и источниками на берегах озера.

На рапных озерах с донными отложениями солей комплекс наблюдений расширяется за счет систематического изучения состояния межкристалльной рапы (наблюдения за ее температурой, плотностью, составом и концентрацией в ней солей).

На «сухих» озерах комплекс наблюдений несколько видоизменяется. Изучение поверхностной рапы ограничивается осенне-зимне-весенним периодом пребывания ее на озере. Соответственно возрастает роль наблюдений и за межкристалльной рапой. На крупных или сложных объектах для измерения плотности, температуры, химического состава и концентрации солей в рапе на разных глубинах на площадке можно оборудовать не одну, а группу расположенных рядом скважин. В озерах, из рапы которых не происходит садки солей, наблюдения за твердой фазой ограничиваются периодическим опробованием и изучением донных илов в разных частях озера — в зонах смещения, концентрирования и т. п.

В рапных озерах с периодически выпадающей новосадкой наблюдают за началом, продолжительностью и окончанием выпадения каждой соли, за ее составом и характером растворения.

Наиболее интересными и разнообразными могут быть наблюдения за изменением состояния и состава солевых отложений «сухих» озер, в которых рапа находится в наиболее тесном взаимодействии с солями. Изучение всех этих изменений заключается в систематическом отборе проб из одних и тех же слоев на достаточно мелких интервалах.

Исследование соляных озер и проверку их состояния, учитывая незавершенность формирования большинства озер, необходимо повторять в сокращенных объемах через 10—15 лет.

Изучение метеорологических, геоморфологических, гидрогеологических и гидрологических факторов, определяющих условия питания озера, производится в процессе поисковых и разведочных работ. Для правильного суждения о режиме озера, направлении его развития и скорости протекающих в нем процессов необходимо с достаточной степенью приближения определить величину испарения.

Анализы и испытания. В пробах, отобранных из пласта галита, требуется прямое определение содержания Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- , CO_3^{--} , Cl^- ,

SO_4 , H_2O и нерастворимого в воде остатка. В тех случаях, когда в пласте имеется значительная примесь гипса (более 2—3%) или глауберита, особенно кристаллического, необходимо определять содержание нерастворимого в HCl остатка, а из солянокислой вытяжки — Ca^{++} и SO_4 . Содержание Na^+ большей частью определяется расчетным путем. В ряде случаев это можно признать допустимым, но, как правило, следует определять содержание Na^+ фотопламенным методом, одновременно с содержанием K^+ .

Для характеристики состава и качества пластов сульфатных солей в пробах требуется определять содержания Na^+ , K^+ , Mg^{++} , C^{++} , CO_3 , HCO_3 , Cl^- , SO_4 , кристаллизационной H_2O , нерастворимых в воде и в HCl остатков. При положительной качественной реакции в части проб определяется содержание карбонатов кальция, магния, натрия, а также Br^- , B^{+++} , Sr .

В поверхностной и межкристалльной рапе находится содержание Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , CO_3 , HCO_3 , Cl^- , SO_4 , Br^- , а также плотный или сухой остаток. В крупных озерах в пробах, отобранных по редкой сети скважин или точек отбора проб, определяется величина pH.

Результаты химических анализов солей выражаются в ионной форме и в пересчете на солевой состав, а также в весовых процентах, на основании которого производится вычисление минерального состава солей. Пересчет из ионной формы в солевую практически необходим во всех случаях.

Результаты анализов рапы (и воды) также выражаются в ионной форме с пересчетом на вероятный солевой состав, в весовых процентах, в %-экв., в молях солей на 1000 молей воды, иногда в г/кг или г/л.

Определение объемной массы и физико-механических свойств солей. Проблема правильного определения объемной массы солей в соляных озерах до настоящего времени остается нерешенной. Это связано с трудностями получения ненарушенного образца соли и тем более с добычей целика соли в условиях озера. Наиболее приемлемым определением объемной массы солей является выемка ее из шурфа. Однако проходка шурфов возможна только на «сухих» озерах, когда пласт соли достаточно устойчив.

Для глубоко залегающих слоев соли или солевой залежи, перекрытой слоем рапы, определение объемной массы возможно главным образом в результате бурения скважин и извлечения из них керна или материала, образовавшегося при разбурировании пласта непрочной соли.

Если пласт соли представлен рыхлыми, легко распадающимися на сростки и кристаллы разностями, бурение скважин производится с большими предосторожностями. Возможно применение для этой цели забивного стакана, грунтоноса. Используется для этого и желонка с одновременной обсадкой труб, но она дает не менее точные результаты. Необходимо применять большой диаметр скважин (не менее 127—168 мм).

В зависимости от условий намечаемой разработки соляного озера требуется определение физико-механических параметров солевой залежи озера, связанных с ее несущей способностью, возможностью перемещения по ней различных механизмов, прокладки рельсовых путей, воздействия на нее различных вибраций, применения режущих орудий.

В процессе геологоразведочных работ проводятся разнообразные технологические исследования. К ним относятся лабораторные и полупромышленные испытания, проводимые с целью разработки технологической схемы обогащения и переработки солей и рапы. Испытания проводятся в лабораторных условиях, на опытных установках или на действующих предприятиях. Вопрос

об объеме этих исследований, количестве и массе проб, необходимости проведения полупромышленных испытаний решает проводящая испытания организация, которая дает оценку технологических свойств сырья и заключение о возможности его использования.

Лабораторные технологические исследования проводятся на пробах, характеризующих типичные, близкие к средним показатели качества и остальные параметры каждой разновидности солей. Во многих случаях необходимо проведение испытаний на пробах с более высоким содержанием примесей или более низким содержанием основного вещества.

Полупромышленные испытания проводятся на крупных пробах, отобранных из выработок, в которых качественная характеристика соли близка к средним по месторождению показателям. Такие пробы обычно отбираются из одной-двух выработок. Большое значение для отбора проб на технологические испытания и определения их представительности имеет изучение вещественного состава солей по разреженной сети разведочных выработок. Оно включает разделение проб на фракции по величине зерен или кристаллов, изучение химического и минерального состава фракций, их структурных особенностей, характера распределения основных компонентов и примесей. Это особенно важно для пластов галита — гранатки, намечаемой к разработке солесосом, в которой обычно изучается вещественный состав фракций +10; —10 +5; —5 +3; —3 +1 и —1 мм.

В озерах, где пласт солей покрыт или пропитан рапой, возможно применение простейших способов обогащения, заключающихся в промывке соли рапой, иногда совмещенной с добычей, что практикуется на солесосах или солекомбайнах.

Технологические исследования в этом случае обычно включают изучение сростков галита, их размерности, характера нерастворимых примесей, распределения по фракциям, способности галита к дезинтеграции, распределение растворимых примесей (в виде кристаллов, включений в кристаллы, пленок на кристаллах), а также определение технологических параметров — оптимальных условий отмывки ила и гипса; соотношения скорости растворения галита и сопутствующих ему растворимых в воде примесей; условий разрыхления новосадки, старосадки и гранатки; необходимой интенсивности промывки рапой и водой. В тех случаях, когда на изучаемом соляном озере работает солесос, определение характера и степени обогащения галита при добыче его солесосом можно произвести посредством прямого сопоставления вещественного состава и качества галита в пласте и в соли, отгружаемой с транспортера солесоса в вагоны. Для изучения более глубокого обогащения, включающего промывку соли на специальной установке на берегу озера, приходится отбирать крупную валовую пробу массой до нескольких десятков тонн и исследовать ее на опытной или промышленной обогатительной установке на одном из солепромыслов. Аналогичные технологические исследования могут быть применены к пластам мирабилита, в разной степени загрязненного нерастворимыми примесями или гипсом.

Изучение основных параметров процесса перекристаллизации сульфатных солей и разработка его технологической схемы обычно производятся с использованием изотермических и политермических диаграмм равновесных солевых систем. С помощью этих диаграмм определяются условия получения из растворов солей заданного состава, необходимый термический режим процесса и соотношение в растворе компонентов. Однако эти расчеты должны быть проверены технологическими испытаниями. Задачей геолога является отбор и доставка

технологических проб, представительных не только по химическому и минеральному составу, но и по их физическим и физико-механическим свойствам.

Лабораторные или полупромышленные испытания включают самые разнообразные исследования. Среди них можно отметить: изучение процесса растворения сырья в растворителях разных систем при различной степени его измельчения и разных режимах растворения; изучение условий отделения нерастворимых в воде примесей; исследование процессов смешения растворов различного состава; изучение условий кристаллизации солей, их высаливания, обезвоживания, освобождения от соосаждающихся с ними примесей.

Технологические испытания рапы производятся обычно в тех случаях, когда появляется необходимость в отработке и проверке принципиально новой технологической схемы переработки в аппаратурном оформлении. Для этой цели используется синтетическая, а для окончательной доводки схемы — природная рапа.

Месторождения каменной соли и сульфата натрия. Поиски месторождений ископаемой каменной соли и сульфата натрия. Галит является самым распространенным минералом из легкорастворимых солей. Он присутствует практически во всех соленосных формациях, образует почти мономинеральные месторождения каменной соли, слагает подстилающие, покрывающие и промежуточные пласты и слои каменной соли в месторождениях калийно-магниевых солей или сульфатов натрия, часто в виде постоянного компонента входит в состав пластов и слоев этих солей.

Поэтому на первом этапе общих поисковых работ одной из основных задач является выявление в заданном районе или в заданном радиусе от будущего предприятия соленосных формаций и выяснение их общего геологического строения и солевого состава, а также решение вопроса о целесообразности поисков самостоятельных месторождений каменной соли, или попутном использовании пластов и слоев каменной соли в месторождениях других солей. На этом же этапе предварительно должен быть решен вопрос о способах добычи соли: горным, главным образом шахтным, способом или методом подземного выщелачивания соли и извлечением на поверхность рассола. От решения этого вопроса зависят параметры месторождения (глубина залегания, мощности пластов, допустимая степень загрязнения соли и характер примесей к ней), в зависимости от которых, в свою очередь, находится и направление поисковых работ.

К настоящему времени накоплен большой материал по распространению и характеристике основных соленосных формаций. Поэтому полевым поисковым работам должна предшествовать проработка литературных и фондовых материалов, работа с геологическими картами, изучение результатов бурения глубоких скважин, составление прогнозных карт.

А. А. Иванов (1972) выделяет поисковые предпосылки, косвенные и прямые поисковые признаки.

К поисковым предпосылкам относится связь соленосных формаций с крайними прогибами и впадинами, синеклизами платформ, с предгорными и межгорными впадинами. К последним наиболее часто приурочены месторождения сульфата натрия. К ним относятся и широко распространенные соленосные отложения СССР (в кембрии, девоне, перми, верхней юре, в мелу и в неогене), с определенной территориальной приуроченностью их к отдельным регионам.

Косвенными поисковыми признаками являются результаты воздействия соляной тектоники на вмещающие породы, вызывающей образование купольных и усложненных брахиантиклинальных структур. На возможное наличие

солей могут указывать развитие ангидритов, гипсов, доломитов, засоленных глинистых пород, проявление целестиновой минерализации. Особое место занимают гипсовые и глинисто-гипсовые шляпы, характерные для соляных куполов. Геоморфологическими признаками учитывается проявление на поверхности земли специфических тектонических структур, а также соляного и гипсово-соляного карста.

Прямые поисковые признаки наиболее надежны, но проявляются они сравнительно редко. К ним относятся выходы соляных и соленосных пород на поверхность, источники с повышенной минерализацией воды, повышенная минерализация вод озер, рек и речек. При этом необходимо учитывать, что повышение минерализации вод возможно и при выщелачивании соленосных отложений, засоленных глин, гипсов и ангидритов, не заключающих пласты солей. Поэтому даже прямые поисковые признаки необходимо использовать с учетом структурно-тектонической обстановки и с другими прямыми и косвенными признаками и геологическими предпосылками.

Общие поиски проводятся в пределах больших территорий и крупных геологических структур.

В ряде случаев общие поиски месторождений поваренной соли могут быть пропущены. Это объясняется большим объемом уже имеющихся сведений о соленосных формациях и солеродных бассейнах, а также весьма большими размерами этих бассейнов, площади которых часто достигают десятков и даже сотен тысяч км².

В отношении сульфата натрия положение иное. Соленосные формации, заключающие соли, пригодные для его получения, встречаются сравнительно редко на ограниченных территориях и большей частью невелики по размерам. Поэтому предварительные поиски необходимо осуществлять почти во всех случаях. Методы общих поисков зависят от предполагаемых типов солеродных бассейнов и соленосных формаций, а также от природных условий района. Поиски проводятся большей частью на основании геологических карт масштаба 1 : 200 000, реже — 1 : 50 000.

Маршрутное обследование местности для поисков месторождений каменной соли и сульфатов натрия имеет ограниченное применение, главным образом в горных и предгорных районах, сравнительно молодой складчатости, где возможны выходы на поверхность соленосных пород и источников с повышенной минерализацией вод.

При общих поисках должны в больших объемах использоваться геофизические методы, в первую очередь, методы, связанные с площадным обследованием и выявлением геофизических аномалий. Гравиметрическим методом выявляются аномалии силы тяжести, которые могут быть связаны с отложениями каменной соли.

Из электрических методов наибольшее применение нашел метод вертикального зондирования (ВЭЗ), позволяющий определять распространение толщи соли, глубину ее залегания, рельеф кровли и общую структуру. Используется также метод теллурических токов, четко фиксирующий форму солевых залежей и отображающий детали поверхности толщи соли на сводах структур. При поисках солей используются и сейсмические методы: отраженных волн, корреляционный метод преломленных волн, метод регулируемого направленного приема и др.

Толщи каменной соли, особенно с минимальным содержанием примесей, отличаются пониженной естественной радиоактивностью, что позволяет использовать при их поисках радиометрические методы.

При выборе расстояний между маршрутами и точками наблюдений руководствуются разрешающей способностью соответствующей геофизической аппаратуры, а в районах с соляными куполами — и размерами их в плане. В последнем случае эти расстояния могут сокращаться до 1—2 км между маршрутами и 0,5—1,0 км между точками. На крупных залежах солей они могут увеличиваться соответственно до 10—20 км и 5—10 км. В горных и предгорных районах, где возможны выходы соленосных пород на поверхность, расстояния уменьшаются также до 1—2 км. В этом случае на точках наблюдения, кроме фиксации проявлений соленосности, иногда приходится производить расчистки, проходить шурфы и даже отбирать пробы пород для последующего изучения их химического и минерального состава.

Большая глубина, на которой часто залегают соленосные отложения, сохранность их в тех местах, где они прикрыты достаточно мощной толщей мало проницаемых для подземных вод пород, обуславливают необходимость еще на стадии поисков вскрытия толщ солей скважинами, по результатам бурения которых может быть получена наиболее полная информация о строении и составе толщи солей. Однако из-за сложности бурения глубоких скважин и опасности обводнения толщи солей, количество поисковых скважин обычно ограничивается и на этапе предварительных поисков бурится не более 1—5 скважин в зависимости от размеров соленосной формации и сложности геологического строения ее.

Д е т а л ь н ы е п о и с к и проводятся на площадях соленосных формаций, перспективность которых для дальнейшего изучения выяснена общими поисками или предполевыми камеральными работами.

Детальные поиски с дневной поверхности проводятся теми же методами, что и предварительные с привлечением в больших объемах геофизических и геохимических исследований. Значительно большее место на этой подстадии, особенно для глубокозалегающих соленосных отложений, должно занимать вскрытие их скважинами, количество которых, по сравнению с предыдущей подстадией увеличивается в несколько раз. Документация и опробование скважин осуществляются так же, как и при предварительных поисках, но значительно большее место в них должны занимать вопросы увязки пластов солей и соленосных отложений между скважинами, изменений мощностей пластов и слоев, содержаний основных компонентов, геохимический анализ солей и вмещающих соли пород не только по основным, но и по микрокомпонентам с целью установления направления и путей их миграции в солеродный бассейн. Увеличивается объем и детальность геофизических каротажных исследований в скважинах для выявления во вскрытой соленосной толще характера и взаимоотношения тел солей разного состава, различной степени загрязнения и несолевых пород. На этой подстадии следует стремиться расположить скважины, пересекающие соленосную толщу, таким образом, чтобы они характеризовали всю или значительную часть соленосной формации, включающую как ее центральные, так и краевые части. Это позволяет судить о закономерностях соленаккумуляции в ее пределах и характере распределения чистых и сильно загрязненных разностей солей, мощностей соленых толщ и несолевых пород, а также о положении перспективных для дальнейшего изучения участков.

По результатам детальных поисков дается оценка перспектив всей исследованной площади соленосной формации, определяются прогнозные запасы и даются рекомендации по проведению поисково-оценочных работ на площадях, намеченных для первоочередного более детального обследования.

Поисково-оценочные работы производятся на основе предварительных и детальных поисков, а иногда и непосредственно — предполовых камеральных работ.

Основное внимание при проведении поисково-оценочных работ сосредотачивается на более подробном изучении перспективных площадей и участков. Однако полученные при этом сведения должны быть использованы для общей характеристики всей соленосной формации и солеродного бассейна и выявления общих закономерностей их, а также прогноза перспективных площадей за пределами ранее выявленных участков.

Для поисково-оценочных работ используется весь комплекс структурно-геологических, геохимических, гидрохимических и геофизических исследований площадей с поверхности. Учитывая расположение толщ солей на больших глубинах, можно видеть, что главную роль на подстанции поисково-оценочных и всех последующих стадиях геологоразведочных работ играют буровые скважины, с помощью которых получается основная информация о внутреннем строении соленосных формаций и толщ каменной соли, о качественной и технологической характеристике полезного ископаемого и ее изменениях в плане и в разрезе.

Методика поисково-оценочных работ неодинакова для разных генетических и промышленных типов месторождений каменной соли. На пологозалегающих и даже крутопадающих (на крыльях антиклиналей или синклиналей) залежах каменной соли возможна закладка сравнительно большого количества скважин, вскрывающих толщу полезного ископаемого и позволяющих установить характер изменчивости залежи в ней. В краевых частях залежи и за ее пределами бурятся только одиночные скважины, играющие вспомогательную роль. Большое значение при этом имеет правильный выбор глубин скважин. Следует признать ошибочным часто применявшееся положение о том, что глубина поисковых скважин не должна быть более чем обусловленная заданием глубина разработки выявляемого месторождения. Она должна обосновываться для каждой скважины и определяться возможным техническим пределом разработки месторождений, а также необходимостью получения опробованного разреза соленосной толщи в заданной точке. В настоящее время предельными глубинами шахтной разработки каменной соли считаются 800—1000 м, разработки ее методами подземного выщелачивания — до 2000 м.

На брахиантиклинальных и особенно солянокупольных структурах бурение должно быть строго ограничено единичными скважинами из-за опасности катастрофического обводнения будущего рудника и потерь соли в целиках. Это заставляет предъявлять особо строгие требования к определению места заложения каждой скважины, угла ее наклона, конструкции и ликвидации-ному тампонажу, а также к получению из нее максимально возможного объема информации. Даже на очень крупных структурах на стадии поисков допустимо бурение только единичных скважин (до 2—5). Невысока эффективность и так называемых картировочных скважин, которые обычно бурятся до зеркала соли и углубляются в толщу последней на 15—20 м. Эффективность их, как и более глубоких скважин, может быть существенно повышена за счет проведения площадных и каротажных геофизических, геохимических и гидрохимических исследований, для которых эти скважины могут использоваться в качестве эталонирующих и проверочных.

Для определения положения и границ солянокупольной структуры рекомендуется пользоваться гравиметрическими, сейсмометрическими, электрометрическими и радиометрическими методами, успешно применявшимися

в Прикаспийской синеклизе и в Днепровско-Донецкой впадине. Весьма большое значение имеют геохимические и гидрохимические исследования соляного зеркала и кепрока, в частности аксессуарных минералов и элементов, по данным скважин. Весьма важны и геофизические исследования, как каротажные, так и площадные, в частности радиометрические.

В приконтактных зонах соляных толщ или флексурных перегибов процессы растворения, разрушения и карстования соли резко усиливаются и могут оказывать крайне неблагоприятное воздействие на эксплуатацию. Это обстоятельство требует тщательного изучения контактов с покрывающими соль породами, разрезов несолевых пород, минерализации подземных вод на соляном зеркале и в вышележащих породах, состава растворенных солей и дебитов скважин, характеризующих интенсивность растворения солей, а косвенно и состав солей прилегающих частей соленосной толщи. Наряду со скважинами для этих целей целесообразно использовать геофизические и особенно гидрохимические методы.

На пластовых и пластово-линзообразных залежах солей скважины обычно располагаются профилями вкрест простирания солевой залежи или геологической структуры, реже они размещаются по квадратной сети. Расстояния между скважинами на поисковой стадии нельзя строго регламентировать. Они могут быть различными не только для месторождений одного типа, но и в разных частях одного месторождения, в зависимости от геологического строения солевой залежи, выдержанности качества соли, конкретных задач, решаемых с помощью скважин.

Горные выработки при проведении поисково-оценочных работ используются редко, главным образом на выходах соленосных пород на поверхность, для непосредственного вскрытия солей или изучения элювиальных образований, оставшихся после их растворения. Это чаще всего расчистки и канавы, мелкие шурфы, реже глубокие шурфы и штольни.

Все данные и результаты поисково-оценочных работ для пластово-линзообразных залежей солей, занимающих большие площади, наносятся на геологическую и гидрогеологическую карты масштаба 1 : 50 000 и 1 : 200 000. Для залежей солей, располагающихся на сравнительно небольших площадях, используются карты масштаба 1 : 25 000—1 : 10 000.

Все проявления солей на выходах и в скважинах должны быть тщательно и детально задокументированы и опробованы. Опробуются и несолевые породы, а также рассолы и воды, встреченные при проходке скважин и других выработок; отбираются образцы для минералого-петрографических исследований, а на залежах сульфатных солей — пробы для простейших технологических исследований, которыми определяется возможность и экономическая целесообразность получения из этих солей сульфата натрия. Характер опробования, аналитических работ на этом этапе близок к работам, выполняемым на стадии предварительной разведки.

Предварительная разведка месторождений каменной соли проводится на месторождениях и участках, выбранных на основе поисково-оценочных работ.

Методика предварительной разведки месторождений каменной соли может существенно видоизменяться в зависимости от характера соленосной формации, генетического и промышленного типа месторождения, размеров, глубины, условий залегания и внутреннего строения солевой залежи. Исходя из особенностей месторождений изменяются основные задачи предварительной разведки

ти пути их решения. Так, на месторождениях, приуроченных к крупным соленосным формациям с мощными пластами каменной соли, залегающими почти горизонтально и не осложненными соляной тектоникой, основной задачей становится выявление и обследование площадей, наиболее перспективных по качеству каменной соли, мощности и глубине залегания пластов, по транспортным условиям и другим факторам, благоприятным для строительства горнодобывающего, а иногда и перерабатывающего соль предприятия. Для месторождений, в которых имеет место чередование относительно чистых слоев, линз и прослоев каменной соли с сильно загрязненными примесями слоями или линзами, основной задачей становится выявление участков с менее загрязненной солью, требующее обследования и проверки предварительной разведкой значительно больших, чем в первом случае, площадей. Для месторождений со сложными условиями залегания каменной соли, осложненных соляной тектоникой, основной задачей становится выявление границ распространения (соляные купола), внутреннего строения толщи каменной соли, закономерностей распределения в ней основных и вредных компонентов, изучение гидрогеологических и горно-технических условий разработки.

Расположение выработок и плотность разведочной сети определяются применительно к особенностям каждого месторождения и в связи с основными задачами его предварительной разведки. Предпочтение отдается правильной сети: квадратной или прямоугольной с расстояниями между скважинами, обеспечивающими получение перекрытого разреза. Наряду с этим проходятся и одиночные выработки вне сети для выяснения тех или иных деталей строения полезной толщи. Необходимо подчеркнуть значение для месторождений каменной соли преимущественности в расположении поисковых и разведочных выработок, так как нарушение ее вызывает увеличение потерь соли в целиках и усиливает опасность затопления будущего рудника.

По результатам предварительной разведки, на площадях, рекомендуемых для производства детальной разведки, запасы солей разведуются с детальностью, необходимой для отнесения их к категории C_1 , на других перспективных площадях они подсчитываются по категории C_2 и как прогнозные. Предварительная разведка нередко производится в два этапа. На первом из них редкой сетью скважин обследуются площади, рекомендованные для дальнейшего изучения по результатам поисково-оценочных работ, на втором — на наиболее перспективных участках сеть сгущается и они изучаются с детальностью соответствующей категории C_1 . Плотность сети принимается в соответствии с типами месторождений — от 1800 до 2000 м — на сравнительно выдержанных пластовых, до 1200 м — на пластово-линзообразных и до 800 м — на линзообразных, тектонически сложных и солянокупольных. Скважины располагаются обычно по профилям иногда с большими расстояниями, чем приведенные выше, но со сгущением их на линиях. На солянокупольных структурах основная часть скважин может располагаться на пограничных участках их или углубляться в соль ниже соляного зеркала на 15—20 м. На самом куполе проходятся только единичные структурные скважины, пересекающие толщу соли на большую глубину (до 1,5—2 тыс. м). Иногда для пересечения большей части разреза эти скважины закладываются наклонными.

Основным видом разведочных выработок на месторождениях каменной соли являются скважины колонкового бурения, позволяющие получать столбик ненарушенного или слабо нарушенного керна, проводить комплекс всех необходимых каротажных работ и получать сравнительно большой материал, пригодный для широкого диапазона исследований: определения химического, мине-

рального, вещественного состава, изучения литолого-петрографических особенностей, физико-механических свойств и т. п.

Отсутствие избирательного растворения или размыва керна необходимо проверить при бурении первых же скважин путем тщательных и детальных каротажных исследований.

Большое внимание должно уделяться при бурении разведочных скважин промывочной жидкости. Она должна быть насыщена хлористым натрием. Необходим систематический контроль за составом промывочного рассола.

На стадии предварительной разведки производится главным образом по керну, изучение технологических свойств соли по программе и в объемах, позволяющих решить вопрос о возможности ее промышленного использования, обоснованно выбрать промышленные методы ее добычи, обогащения и переработки. Эти исследования производятся обычно в лабораторных условиях. Они включают при разработке ее методами подземного выщелачивания определение скорости и характера растворения основных разностей соли, выбор оптимальных методов очистки соли от нерастворимых и растворимых примесей, так называемую амальгамную пробу, характеризующую возможность использования соли для электролиза с ртутным катодом. Изучаются гидрогеологические и горнотехнические условия эксплуатации месторождения с детальностью, позволяющей выбрать наиболее безопасные и эффективные методы разработки. Особое внимание уделяется устойчивости кровли камер выщелачивания и особенно подземных горных выработок при шахтной добыче соли. Для этой цели изучаются породы кровли соли и несолевых пород в ее толще, их способность к набуханию (особенно под воздействием вентиляции), отслаиванию, обрушению и газонасыщению.

На месторождениях сульфатов натрия предварительная разведка проводится аналогичными методами, но ведение ее осложняется высокой гигроскопичностью некоторых солей, обезвоживанием мирабилита в сухом воздухе, растворением его в собственной кристаллизационной воде при повышенных температурах (30—40°), распадом глауберита при соприкосновении с водой или с рассолами, далекими от насыщения сульфатом натрия. Все это требует принятия предохранительных мер при бурении скважин, в части — подбора состава промывочной жидкости (лучше бурить всухую — с местной циркуляцией) и соблюдения предосторожностей из-за возможных прихватов буровых наконечников. Необходимо также предусмотреть специальные мероприятия по обеспечению сохранности и консервации керна. Большое место на этой стадии занимают исследования по разработке технологии добычи, обогащения и переработки, принципиальное решение которых и подбор соответствующих технологических схем из-за сложности и разнообразия сырья, по сравнению с каменной солью, необходимо осуществлять уже на стадии предварительной разведки. Из-за сложного минерального состава этих месторождений и значительной изменчивости его на стадии предварительной разведки иногда требуется сгущение сети скважин на профилях до 400—200 м.

Все скважины, пробуренные при поисках и предварительной разведке, должны быть тщательно затампонированы. Особое внимание уделяется подбору тампонажного материала и методам тампонажа верхнего интервала толщи каменной соли, сульфатных солей и пород кровли в интервале, обеспечивающем полное перекрытие (30—50 м) рассольного горизонта, нередко присутствующего над зеркалом соли, в породах кепрока, с обязательным учетом состава растворенных в его водах солей и общей минерализации. Породы, залегающие выше этого горизонта, тампонируются тампонажным цементом. Совершенно

недопустимо заливать стволы скважин в толще солей глинистым раствором, даже густым. Заслуживают внимания рекомендации о заполнении стволов скважин солями, образующими кристаллогидраты и по составу близкими к составу тампонируемой толщии солей. К ним относятся сульфаты натрия и магния, хлорид магния и пр. Хорошие результаты получены при тампонаже каустическим магнием.

Детальная разведка месторождений каменной соли и осуществляется на месторождениях и участках, выбранных на основании результатов предварительной разведки и ТЭДа, намеченных к освоению в ближайшие годы. При этом наиболее детально изучаются части их, предназначенные для первоочередной промышленной разработки.

На стадии детальной разведки уточняется структура месторождения и участка разведки, строение и условия залегания пластов каменной соли, ее качество и технологические свойства, пространственное распределение основных компонентов и вредных примесей, технологических типов и сортов, горно-технических условий разработки и другие данные, необходимые для составления технического проекта разработки месторождения. На месторождениях каменной соли, в которых мощность соли нередко составляет многие десятки и сотни метров, для оконтуривания всех запасов, обеспечивающих предприятие на амортизационный срок, часто достаточно 4—6 скважин. Однако для выяснения условий залегания, внутреннего строения и других параметров соляной залежи требуется бурение многих дополнительных скважин. Учитывая недопустимость сокращения расстояний между скважинами из-за возрастающего объема потерь в целиках вокруг скважин, бурение скважин следует производить на большой площади, что обуславливает увеличение детально разведанных запасов, количество которых может в несколько раз превышать требуемые. Поэтому при детальной разведке месторождений каменной соли и определении минимально необходимого для нее количества скважин, пересекающих полезную толщю, часто приходится ориентироваться не на заданное количество запасов, а на минимальное число пересечений, обеспечивающее надежную характеристику геологического строения участка разведки, увязку пластов и слоев, закономерностей изменения показателей качества и технологических свойств соли. Это количество даже для пластовых выдержанных по мощности и качеству соли месторождений должно быть не менее 12—16.

На стадии детальной разведки, как и на предыдущих стадиях, минимальное число скважин и максимальные расстояния между ними определяются путем последовательного сгущения сети разведочных скважин. При этом сокращение расстояний между скважинами более чем на 800—1000 м во всех случаях является крайней мерой и требует достаточно полного и убедительного обоснования, так как может привести к порче месторождения. Характер расположения скважин обуславливается типом месторождения, условиями залегания пластов каменной соли, степенью их тектонической нарушенности (особенно степенью развития соляной тектоники).

На пластовых и пластово-линзообразных месторождениях, приуроченных к горизонтально или полого залегающим соленосным формациям с незначительной тектонической нарушенностью, как правило, применяется квадратная или близкая к ней прямоугольная сеть. На месторождениях, расположенных в предгорных прогибах или в межгорных впадинах, длина которых часто многократно превышает их ширину, принимается прямоугольная сеть.

На месторождениях, тектонически сильно нарушенных, приуроченных к солянокупольным структурам, в стадию детальной разведки, возможность

стугущения сети скважин, пересекающих толщу солей, обычно ограничена бурением единичных скважин. Для выявления закономерностей распределения, гидрогеологических условий разработки и границ распространения солевых отложений закладываются скважины, вскрывающие соляное зеркало и углубляющиеся в соль всего на 10—20 м. Более глубокие скважины закладываются в краевых частях. Они фиксируют карнизы соли, полости, заполняемые несолевыми породами, а также служат для изучения водоносных горизонтов в породах, окружающих солянокупольную структуру.

В инструкции ГКЗ по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к месторождениям ископаемых солей приведены ориентировочные расстояния между скважинами для категорий А, В и C_1 , с учетом опыта разведки и некоторого разрежения их. Для пластовых месторождений они равны 1000 м (категория А), 1500 м (категория В) и 2000 м (категория C_1); для пластово-линзовидных — соответственно 600, 1200 и 1800 м; для линзовидных — 600 м (категория В) и 1200 м (категория C_1); для куполо- и штокообразных — 400 и 800 м. Одновременно указывается, что эти расстояния нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого разведываемого месторождения они должны обосновываться в процессе разведочных работ.

Применительно к месторождениям каменной соли, в зависимости от выдержанности качества ее, сложности условий залегания и геологического строения, на пластовых месторождениях расстояния между скважинами для запасов категории А могут изменяться от 800 до 1200 м, категории В — от 1200 до 1600 м, категории C_1 — от 1600 до 2400 м. На пластово-линзовидных месторождениях они могут колебаться соответственно от 400 до 800 м, от 800 до 1200 м и от 1200 до 2000 м; на линзовидных со сложным строением и невыдержанным качеством расстояния между скважинами для категории В могут изменяться от 400 до 800 м и для категории C_1 — от 800 до 1200 м. На солянокупольных месторождениях сложного строения расстояния между профилями принимаются такими же, как и для линзовидных месторождений. Необходимо подчеркнуть, что сокращение приведенных расстояний между скважинами нежелательно, так как может привести к порче месторождения.

Детальная разведка месторождений ископаемого сульфата натрия в СССР пока не проводилась, поэтому и надлежащий опыт ее отсутствует. Судя по обнаруженным поисками и предварительно изученным месторождениям, их масштабы значительно меньше, чем промышленных месторождений каменной соли, условия залегания более изменчивы, менее выдержан минеральный состав и качество солей. Поэтому разведочная сеть на таких месторождениях должна быть в 2—3 раза более плотной, чем на месторождениях каменной соли соответствующих типов. Значительная часть залежей ископаемого сульфата натрия располагается на небольших глубинах, в горных районах, иногда обнажается на поверхности земли, что дает возможность наряду со скважинами использовать при разведке и горные выработки — в основном, канавы, шурфы, реже — штольни.

При разведке месторождений каменной соли и сульфата натрия особое внимание должно уделяться не только высокому выходу керна, который, как правило, должен быть не ниже 90—95%, но и его состоянию, что связано с необходимостью получения информации о химическом составе соли и ее минеральном и вещественном составе. Отсутствие избирательного выноса солей или его характер, если он имеет место, определяется тщательным анализом поднятого керна, систематическими анализами промывочной жидкости, а также применением геофизических каротажных методов (гамма-каротажа, кавернометрии, нейтронного гамма-каротажа и микрокаротажа отдельных интервалов).

До начала или на первом этапе детальной разведки подбирается и обосновывается комплекс необходимых каротажных и площадных геофизических методов разведки, а также эталонирование, методика и техника их выполнения, необходимая разрешающая способность и масштаб исследований, обеспечивающих надежное определение максимального количества требуемых для оценки и последующей эксплуатации месторождения параметров полезной толщи и показателей, характеризующих качество и свойства соли.

Совершенно обязательно проведение по каждой скважине инклинометрии с детальным (через 25 м) определением зенитных и азимутальных искривлений ствола скважины, с точным установлением ее координат в точке входа в солевую залежь, в точках пересечения промышленных пластов или горизонтов и ее забоя. Столь же обязательно проведение по всем скважинам кавернометрии. Наряду с широко применяющимся гамма-каротажем, позволяющим выявлять в каменной соли слои с повышенным содержанием калия, прослой калийных солей, прослой глин и слои соли, в разной степени загрязненной нерастворимыми примесями, а также отбивать ее подошву и кровлю, необходимо провести целесообразность применения нейтронного гамма-каротажа, плотностного гамма-гамма-каротажа, нейтрон-нейтронного каротажа, а также термокаротажа. В ряде случаев необходимо применение микронзондирования или микрокаротажа для выявления характера и состава прослоев малой мощности, которые могут оказывать существенное влияние на условия эксплуатации месторождения, качество соли или рассола. В зависимости от особенностей конкретных месторождений и связанных с ними задач по их изучению подбирается и применяется соответствующий комплекс площадных геофизических исследований: электронзондирование, сейсмометрия, магнитометрия и др.

На стадии детальной разведки завершается процесс комплексного изучения месторождения с окончательным выбором основного направления использования каменной соли, с выявлением и оценкой технической и экономической целесообразности использования попутных компонентов.

На месторождениях, предназначенных для разработки методами подземного выщелачивания соли, изучение их при детальной разведке производится с расчетом использования рассолов как для электролиза, так и для получения пищевой выварочной соли, так как предприятия эти нередко совмещаются. Особое внимание при этом обращается на возможность утилизации отходов, получающихся при очистке рассолов, и маточных рассолов, образующихся в процессе выварки соли, или их сброса. Должна быть изучена и возможность использования попутных компонентов.

В процессе разведки производится геологическая документация, которая сопоставляется с результатами анализов и испытаний и соответствующим образом уточняется. Введение фотодокументации не может полностью освободить геолога от ее описательной части, в которой фиксируются: 1) все различия соли, отличающиеся по цвету, структурно-текстурным особенностям, размерности зерен и кристаллов, степени загрязненности; 2) характер распределения загрязняющих примесей (в кристаллах, между ними, в виде сетки, прослоек и прожилков и т. д.); 3) форма кристаллов, прозрачность, наличие и характер газово-жидких включений. Отмечается характер и прочность связи прослоек и прожилков несольевых пород с каменной солью с учетом возможности их отделения при обогащении соли или при подземном выщелачивании. При необходимости создается эталонная коллекция различий соли для сопоставления их по скважинам, пластам, слоям с целью увязки. Большое внимание уделяется волокнистым различиям галита, обычно образующимся по трещинам, легче

растворяющимся, чем другие разности, и являющимся потенциальными проводниками вод и рассолов. Тщательно описывается характер, состояние, степень засоленности прослоев несолевых пород. Обязательно фиксируется состояние зерна — длина и диаметр столбиков, их торцы, следы и степень растворения разностей соли с поверхности зерна. Фиксируются все примерные углы наклона прослоев, прожилков, проявления будинажа. При послойном в основном описании зерна, интервалы фиксируемые в документации, не должны превышать интервалов отбора проб на анализы и испытания, так как одна из задач документации заключается в выявлении возможности по макроскопическим признакам определять разности соли, отличающиеся по данным анализов. При документации месторождений сульфата натрия определяются визуально минералы, слагающие соленосную толщу.

Опробование. По всем скважинам и горным выработкам толща солей должна быть опробована на полную мощность, вскрытую поисковыми и разведочными скважинами и горными выработками. Пробы отбираются для производства химических анализов, минералого-петрографических исследований, физико-механических и лабораторно-технологических испытаний, в некоторых случаях — для укрупненных лабораторных и полупромышленных испытаний.

Отбор проб на химические анализы производится путем высверливания в керне отверстия и сбора образующегося при этом порошка. Отверстие обычно имеет диаметр 12 или 16 мм, который должен быть выдержан по всей длине зерна. Сверление производится по центру зерна. На отдельных интервалах, с которых отбираются пробы для физико-механических или специальных технологических испытаний ненарушенного зерна, может быть признано целесообразным сверление отверстия ближе к краю зерна, но так, чтобы оно не вскрывало его край. Отбор проб от зерна бороздой недопустим.

Отбор проб каменной соли производится послойно, с учетом изменения состава соли и степени ее загрязнения, для однородной толщи — секционно, с длиной секций, не превышающей 1—2 м. Длина секции для однородной толщи соли или при крутых углах падения ее может быть увеличена до 5, а в отдельных случаях и до 10 м. На стадии предварительной, а иногда и детальной разведки, когда соотношение визуальных оценок степени выдержанности состава соли и данных химических анализов будет установлено достаточно надежно, минимальные длины послойных проб и секционные интервалы могут быть увеличены.

Общее правило о включении в пробу соли интервалов несолевых пород, которые не могут быть отработаны селективно, не всегда применяется правильно. Иногда, к сожалению, эти породы вообще не опробуются. Прослой несолевых пород малой мощности должны включаться в пробу, независимо от способа намечаемой разработки месторождения. Прослой некондиционных пород большой мощности должны опробоваться отдельно.

При отборе проб из месторождений сульфатов натрия руководствуются теми же правилами, что и при отборе проб каменной соли, но обращают большее внимание на отбор послойных проб, учитывая наличие в них значительного количества минеральных разностей солей, а также большую степень их загрязнения. Неравномерность распределения минеральных разностей и примесей на таких месторождениях заставляет более часто прибегать к отбору проб путем раскола зерна, его измельчения и квартования. В то же время, наличие в них неустойчивых к атмосферным воздействиям солей заставляет принимать специальные меры предосторожности при отборе, обработке и хранении проб, подобно применяемым при опробовании озерных месторождений солей.

Опробование горных выработок, как правило, производится бороздой. Расстояния между бороздами (пробами) и сечение борозд определяются с учетом условий залегания, мощности, степени однородности состава и качества опробуемых слоев солей. Отобранные пробы подвергаются сокращению. Правильность принятой схемы обработки проб подтверждается экспериментальными работами или данными по аналогичным месторождениям. Обычно коэффициент K для месторождений солей находится в пределах 0,1—0,5.

Особое значение имеют условия хранения не только керна, но и обработанных, подготовленных для лаборатории проб. Длительное хранение их до анализа, особенно несколько сезонов, связанное со значительными колебаниями температур и влажности воздуха, крайне нежелательно. Измельченные пробы, как правило, должны храниться при постоянной температуре и влажности воздуха, в герметической упаковке, в полиэтиленовых пакетах или посуде. Это относится и к пробам каменной соли, которая, как показывают исследования, нередко содержит примесь тахгидрита, расплывающегося во влажном воздухе, и других нестойких солей.

Для минералого-петрографических исследований отбираются пробы, которые по своему минеральному составу, текстурным и структурным признакам должны отражать средний состав солей определенного слоя или интервала. Материалом для проб, как правило, может служить часть пробы, получающаяся при сверлении керна, но не подвергающаяся дальнейшему измельчению для химического анализа. Реже, в основном на месторождениях сульфатов натрия, могут для этих исследований отбираться специальные самостоятельные пробы.

На стадиях предварительной и детальной разведки пробы для минералого-петрографических исследований отбираются относительно равномерно по площади участка разведки и по мощности толщи солей, в основном по сети, степень разрежения которой зависит от изменчивости соляных пород, но при условии, чтобы ими были охарактеризованы все основные разности солей. Обработка и хранение проб осуществляются с такими же предосторожностями, что и при хранении проб для химических анализов.

Отбор проб для лабораторных технологических испытаний и определения физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород производится таким образом, чтобы этими пробами были охарактеризованы все основные разности солей и вмещающих пород разведваемого месторождения. Количество и масса проб согласовываются с организацией, производящей испытания, а проб для физико-механических испытаний, кроме того, с организацией, проектирующей горное предприятие или рассолопромысел. В пробу на физико-механические испытания отбираются столбики ненарушенного керна, с таким расчетом, чтобы из них можно было изготовить достаточное для надежной оценки количество цилиндров, кубиков и балочек (9—15 шт.). В зависимости от масштабов месторождения и сложности его геологического строения количество проб на физико-механические испытания может колебаться от 10—15 до нескольких десятков. Иногда для их отбора необходимо бурить скважины большого диаметра (до 131—146 мм).

В пробы для лабораторных технологических испытаний большей частью отбирается ядерный материал (без дополнительного его измельчения), иногда в виде достаточно крупных столбиков ненарушенного керна с интервалов, обеспечивающих необходимую массу пробы и ее представительность одной из основных разностей соли. Значительно реже, например для амальгамовой пробы, требуется усреднение материала с определенного слоя или интервала,

проводимое путем последовательных измельчений и квартований или путем высверливания отверстия в керне и сбора материала, как в пробы для химического анализа. Лабораторные технологические испытания на укрупненных пробах проводятся довольно редко, полупромышленные — еще реже, главным образом на месторождениях сульфата натрия. Для каменной соли они обычно не требуются.

Анализы и испытания. За основу оценки качества каменной соли и сульфатов натрия принимается их химический состав. Поэтому основным видом исследований, определяющим пригодность солей для промышленного использования, их качество, сорта и основные области применения, на всех стадиях геологоразведочных работ являются химические анализы проб. Методика анализов, их контроль, порядок пересчета на солевой состав и компоненты, определяемые анализами, практически почти такие же, как приведенные выше для озерных месторождений поваренной соли и сульфатов натрия. Отличия их связаны с особенностями ископаемых солей, дополнительными задачами по стратификации и увязке пластов и слоев солей, особенно при сложных условиях залегания, а также со специфическими особенностями их добычи и использования. Так, в массовых анализах каменной соли наряду с определением содержаний Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- и CO_3^{--} , H_2O из водной вытяжки и нерастворимого в воде остатка, как правило, необходимо прямое определение содержаний Na^+ и K^+ , а по части проб — нередко V_2O_5 , Fe_2O_3 .

В пробах каменной соли на месторождениях с невысоким содержанием нерастворимого остатка и сульфата кальция, анализ солянокислой вытяжки выполняется по небольшому количеству (10—20) проб, характеризующих основные разности соли. При повышенном содержании нерастворимого остатка (более 1%) и сульфата кальция (более 3—4%), число анализов солянокислой вытяжки должно быть резко увеличено. При этом следует учитывать возможное наличие в каменной соли полигалита, глауберита, целестина, которые могут полностью не переходить в водную вытяжку. Спектральным анализом по небольшой части проб определяется содержание микрокомпонентов, в том числе «тяжелых металлов» — ванадия, молибдена и др.

Проведение химических анализов сульфатов натрия ископаемых месторождений по своему характеру не отличается от проведения анализов солей озерных месторождений.

Химические анализы каменной соли и особенно сульфатов натрия, как правило, должны сопровождаться определениями минерального состава солей, позволяющими проверить правильность пересчета ионного на солевой состав и, при необходимости, уточнить его.

Лабораторные технологические испытания каменной соли на месторождениях, предназначенных для шахтной разработки, проводятся в небольших объемах, главным образом для изучения возможности обогащения загрязненных пластов или слоев ее, путем дробления и последующей промывки рассолом или водой. Основное в этих исследованиях — определение размерности фракций, в которых возможно отделение примесей от соли, а также разработка режимов промывки, обеспечивающей удаление примесей. При намечающемся использовании соли в производствах химической промышленности, требующих ее растворения, изучаются условия и скорость растворения основных разностей соли, условия отделения от нее нерастворимых примесей и очистки рассола.

На месторождениях, намечаемых для эксплуатации методом подземного выщелачивания соли, необходим значительный объем лабораторных технологических испытаний. Основная часть их направлена на выяснение условий и

скорости растворения разностей соли, отличающихся текстурно-структурными особенностями, количеством и составом примесей в них, а также характером дезинтеграции засоленных несолевых пород прослоев, заключенных в толще каменной соли в условиях перемешивания образующегося рассола и без активного перемещения его. Эти исследования необходимы для прогноза развития рабочих камер при выщелачивании и определения оптимальных условий образования насыщенного рассола. Не менее важны и исследования характера перехода в рассол растворимых примесей, содержащихся в соли, условий получения кондиционного по составу и концентрации рассола, а также оптимальных методов очистки его от примесей. Кроме того, должна быть изучена амальгамовая проба, на основе которой по скорости и количеству выделившегося на катоде водорода определяется возможность использования получающегося при растворении соли рассола для электролиза с ртутным катодом непосредственно в сыром виде или после очистки от солей магния и кальция. Подобные испытания на укрупненных пробах в лаборатории или в полупромышленных условиях, как правило, не проводятся. Испытания по растворению каменной соли производятся на чистой воде, а также на воде источников, из которых она будет поступать при промышленной эксплуатации.

Технологические испытания сульфатных солей ввиду малой изученности месторождений их и большого разнообразия состава и свойств солей должны проводиться как в лабораторных, так и полупромышленных условиях. Объем и характер этих исследований определяются организацией, проводящей технологические исследования.

Физико-механические испытания проводятся с целью выяснения горно-геологических условий эксплуатации месторождения. Для шахтного способа наиболее важно определить устойчивость пород в кровле и целиках горных выработок, допустимые параметры эксплуатационных выработок и целиков между ними; для метода подземного выщелачивания соли — допустимые диаметры рабочих камер, устойчивость сводов и несущая способность целика соли в кровле камеры, допустимые размеры и форма целиков между камерами. Очень важно сохранение и изменение прочностных свойств целиков во времени под воздействием вентиляции шахт и соприкосновения с рассолами в камерах выщелачивания. Комплекс этих исследований определяется организацией, разрабатывающей проект горных работ.

О п р е д е л е н и е о б ъ е м н о й м а с с ы каменной соли и сульфатов натрия, учитывая низкую пористость ископаемых солевых пород и практическую водоупорность их, за исключением зон интенсивного выветривания близ поверхности и карстования краевых частей залежей на глубине и на выходах на поверхность, производится в основном по керну, извлекаемому из скважин. Определение объемной массы путем выемки целиков, взвешивания породы и замера объема пространства, из которого она извлечена, проводится только в горных выработках на эксплуатируемых месторождениях или в редких случаях вблизи выходов солевых пород на поверхность.

Обычно достаточно 10—15 таких определений. Параллельно определяется влажность кусочка керна, отколотого от испытуемого образца. После взвешивания химическим анализом исследуется состав столбиков керна, по которым определялась объемная масса. В зависимости от изменчивости состава соли эти анализы производятся по 2—5 образцам.

Определение объемной массы солей месторождений сульфатов натрия также производится по столбикам керна, однако в связи с изменчивостью не только химического, но и минерального состава солей, часто представленных

кристаллогидратами, с большими различиями в объемной массе, таких определений приходится делать несколько десятков. При этом каждый образец, после определения его объемной массы, подвергается химическому анализу с определением в нем всех основных компонентов; гидратной воды и гигроскопической влаги, с проверкой его минерального состава. По данным химических анализов и соответствующих им данных определений объемной массы испытанных образцов строятся кривые зависимости объемной массы от минерального и химического состава для каждой из основных разновидностей солей. В соответствии с этими графиками рассчитывается объемная масса сырья в каждом блоке для каждого типа сырья.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка) эксплуатируемых месторождений, а также переданных в эксплуатацию после завершения детальной разведки, производится, как правило, одновременно с эксплуатацией месторождения с целью увеличения детально разведанных запасов, особенно при намечающемся увеличении производительности и реконструкции предприятия, изучения флангов, более глубоких горизонтов, с выявлением запасов категорий C_2 и C_1 и переводом их в категории В и А. Методика проведения этих работ близка к методике предварительной и детальной разведки.

Эксплуатационная разведка проводится на участках, подготавливаемых к разработке и разрабатываемых, как правило, с опережением эксплуатации на 2—4 года. Основной задачей ее является дальнейшее уточнение контуров распространения кондиционных солей и сортовых прослоев, качественной характеристики, горнотехнических условий разработки, подсчета запасов, подготовленных к выемке, и на основе их составление годовых, квартальных и месячных планов добычи соли. Вторая задача ее заключается в получении материалов для контроля полноты отработки месторождения, определения потерь и разубоживания солей при добыче, для определения правильности направления и системы принятой отработки, ее соответствия особенностям месторождения и обрабатываемых участков, для выработки рекомендаций по дальнейшему совершенствованию методов разработки месторождения.

КАЛИЙНЫЕ И МАГНИЕВЫЕ СОЛИ

Общие сведения о калийно-магниевых солях. Калий и магний широко распространены в земной коре, составляя по массе 2,6 и 2,1%, но содержатся в ней только в виде различных соединений. Основная часть их представлена разнообразными силикатами и алюмосиликатами. Значительное количество магния концентрируется также в доломитах и значительно реже встречающихся магнезитах. Особое место занимают легкорастворимые соли калия и магния, связанные с галогенными формациями.

В большей части месторождений калийных и калийно-магниевых солей преобладающим солевым минералом является галит, запасы которого составляют от 60 до 95% от общих запасов солей месторождений. Из калийных минералов резко преобладают сильвин (KCl) и карналлит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), слагающие основную часть запасов калийных солей большинства известных калийных месторождений. Другие калийные и калийно-магниевые минералы, которых насчитывается несколько десятков, обычно присутствуют в незначительных количествах. Чаще других встречаются полигалит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \times 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$), каинит ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$), лангбейнит ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$). В некоторых месторождениях хлоридных калийно-магниевых солей присутствует

в сравнительно больших количествах кизерит ($MgSO_4 \cdot H_2O$), а в верхней части разреза — бишофит ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), завершающий галогенный цикл.

Требования к качеству калийных и калийно-магниевых солей. Основная часть калийных и калийно-магниевых солей (более 95%) используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения. До последнего десятилетия для удобрения почв использовались в основном так называемые стандартные туки, содержащие 65% KCl , или 42% K_2O , и более 30% $NaCl$, иногда даже сырой сильвинит. Такое использование хлористого калия не способствовало тенденции к повышению содержания в нем основного вещества и улучшению его качества.

Таблица 12

Требования к товарному хлористому калию (по ГОСТ 4568—74)

Показатели	Технический				Для сельского хозяйства		
	Марка К		Марка Ф		сорт первый	сорт второй	
	сорт первый	сорт второй	сорт второй	сорт третий			
Хлористый калий, на сухое вещество в %, не менее	98	95 ± 1	95 ± 1	91 ± 1	95 ± 1	91 ± 1	
Влага, в %, не более	1	1	1	1	1	1	
$NaCl$; в %, не более	1,4	4,5 ± 1	4,5 ± 1	7 ± 1	Не нормируется		
Нерастворимый в воде остаток, в %, не более	0,2	Не нормируется				»	»

Для удобрения почв под культуры, на которые ион хлора действует угнетающе или ухудшает их качество, в небольших количествах применялись сульфатные калийные или калийно-магниевые удобрения, представляющие каинитовый или лангбейнитовый концентрат, получавшийся после несложного, но малоэффективного обогащения, с низким содержанием основного вещества и высоким содержанием балластных и вредных примесей (галита).

Качество хлористого калия, производимого в СССР, регламентируется ГОСТ 4568—74, которым предусматриваются требования к хлористому калию технического марки К, получаемому кристаллизацией из раствора, и марки Ф, получаемому флотационной переработкой калийных солей, а также к хлористому калию для сельского хозяйства (табл. 12). Хлористый калий марки К должен быть белого цвета (допускается сероватый оттенок) и мелкокристаллический; марки Ф — от молочно-белого до красно-бурого цвета, мелкозернистый; для сельского хозяйства он должен быть в виде гранул неправильной формы, 90% гранул должно иметь размеры не менее 1 мм и не более 4 мм; он должен быть несслеживающимся. Наряду с гранулированным предусматривается выпуск крупнокристаллического хлористого калия марок К и Ф.

Сульфатнокалийные удобрения в СССР сейчас выпускаются в виде сульфата калия, калимагнезии (двойной соли сульфатов калия и магния) и калийно-магнезиевого концентрата, упоминавшегося выше, получаемого флотационным обогащением каинито-лангбейнитовой руды.

Сульфат калия, получаемый пока в небольших количествах, по регламенту, разработанному ВНИИГом, должен содержать K_2O (в % на сухое вещество): для I сорта — не менее 50, для II сорта — 45; иона хлора, соответственно, не более: 0,5 и 2,0.

Калимагнезия, в соответствии с техническими условиями, должна содержать (на сухое вещество) K_2O не менее: для I сорта — 30%, для II сорта — 28%; MgO , соответственно, 10 и 8%; для I сорта содержание иона хлора не более 2%, для II сорта — не регламентируется.

Единых технических условий на калийные и калийно-магниевые соли, поступающие на переработку на хлористый калий, сульфат калия и другие калийные и калийно-магниевые удобрения, не имеется. Для отдельных месторождений устанавливались требования к качеству калийных и калийно-магневых солей, носившие временный характер, но использовавшиеся продолжительный период предприятиями и геологами, разведывавшими месторождения. Так, техническими условиями предусматривались следующие требования: сильвинит должен содержать не менее 22% KCl и не более 1% $MgCl_2$; карналлитовая порода — не менее 17% $MgCl_2$; смешанные соли — не менее 30% KCl + $MgCl_2$, в том числе не менее 22% KCl и не менее 5% $MgCl_2$.

Позже, по участкам Балахонцевскому, Быгельско-Троицкому, Ново-Соликамскому, Березниковскому, Соликамскому и другим, запасы солей (балансовые) утверждались ГКЗ СССР по кондициям, утвержденным Госпланом СССР в 1960 г. Этими кондициями предусматривались следующие требования: в пластах сильвинита содержание KCl должно быть не менее 22% в целом по блоку и 15% по его пересечению скважиной; содержание $MgCl_2$ — не более, соответственно, 1% и 5%; в пластах карналлитовой породы — содержание $MgCl_2$ по блоку не менее 17%; для пластов смешанных солей — по блоку не менее: KCl — 22%, $MgCl_2$ — 1%.

Кондициями, утвержденными комиссией по кондициям Госплана СССР в 1961 г. для Старобинского месторождения, предусматривалось, что содержание в пласте сильвинита KCl должно быть не менее 16%, нерастворимого остатка не более 10% и $MgCl_2$ — 3%.

Таким же путем в разные годы устанавливалось минимально допустимое содержание K_2O для Стебницкого месторождения, Калуж-Голынской группы месторождений, Жилинского месторождения, где в калийно-магневых сульфатных солях допускалось 7, 8, 9% иногда даже 10% K_2O , а содержание нерастворимого остатка допускалось до 14% и даже до 18%.

К сожалению, приведенные выше предельные содержания компонентов солей по месторождениям и участкам, как и параметры кондиций по другим месторождениям, недостаточно обоснованы экономически и не подкреплены конкретными оптимальными технологическими решениями. Можно полагать, что в недалеком будущем большая часть их будет пересмотрена.

Калийная промышленность СССР в настоящее время перерабатывает только сильвинит с низким содержанием магния. Карналлитовые породы добываются в сравнительно небольшом объеме, только для получения искусственного карналлита для магниевой промышленности; хлористый калий из карналлита не вырабатывается.

Опыт работы калийной промышленности за рубежом, а также ознакомление с исследованиями по технологии переработки калийных солей, проведенными в нашей стране, свидетельствуют о практической возможности эффективной переработки всех выявленных и разведанных разностей калийных и калийно-магневых солей. Поэтому в дальнейшем, требования к качеству калийных солей должны более полно отражать особенности сырья конкретных месторождений и учитывать наиболее полное и комплексное его использование.

В настоящее время месторождения чисто магниевых солей практически не эксплуатируются. Они получают попутно при переработке калийно-

магневых солей и рассолов, при этом возможно регулирование качества получающихся товарных солей, независимо от состава первичного сырья. Приведенные выше предельные содержания $MgCl_2$ в карналлитовой породе (18 и 17%) или MgO в сульфатных калийно-магневых солях (8—10%) при необходимости могут быть и снижены. В настоящее время производится опытная добыча хлор-магневых рассолов, получаемых подземным выщелачиванием пласта бишофита. Ее результаты позволят разработать новые требования к этому сырью.

Генетические и промышленные типы месторождений калийно-магневых солей. Отложения калийных и калийно-магневых солей обычно завершают цикл соленакпления, но в силу ряда причин большая часть циклов остается незавершенной и поэтому во многих соленосных бассейнах они отсутствуют. Образование же месторождений калийно-магневых солей требует сочетания еще большего количества благоприятных факторов и условий.

В группе современных и четвертичных месторождений солей месторождения калийно-магневых солей крайне редки, калиеносность их невелика и запасы незначительны.

В группе древних ископаемых месторождений калийно-магневых солей месторождения явно континентального происхождения не встречены. По данным А. А. Иванова (1972), они имеют морской генезис и известны в трех типах галогенных формаций: морских заливов, бассейнов краевых частей эпиконтинентальных морей и внутриконтинентальных бассейнов морского типа. Отсутствуют эти месторождения только в формациях лагунного типа. К внутриконтинентальным бассейнам морского типа приурочены наиболее крупные месторождения.

Месторождения калийно-магневых солей обнаружены практически во всех геологических периодах, от кембрия до неогена и четвертичного. В нашей стране наиболее калиеносны девон, пермь, юра и неоген.

По минеральному составу все месторождения калийных солей обычно разделяются на две основные группы: бессульфатные и сульфатные.

Бессульфатные месторождения распространены значительно шире, чем сульфатные. По своему минеральному составу они большей частью простые. Калийные и калийно-магневые минералы в них представлены сильвинитом и карналлитом, значительно реже — бишофитом. В отдельных случаях в них имеется небольшая примесь полигалита или кизерита. Из сульфатных минералов в значительных количествах в них присутствуют ангидрит, изредка гипс. В одних месторождениях резко преобладает сильвинит, в других — карналлит; иногда они встречаются в почти равных соотношениях (Вернекамское и Карлюкское). Для всех этих месторождений характерна сравнительно хорошая выдержанность пластов, слоев и прослоев калийных солей на большие расстояния по мощности и составу солей.

Сульфатные месторождения имеют сравнительно ограниченное распространение. В СССР основная часть их приурочена к Предкарпатскому бассейну. Они имеют сложный минеральный состав и представлены водными и безводными, простыми и сложными хлоридами и сульфатами калия, магния, натрия и кальция, из которых преобладают каинит, лангбейнит, сильвинит, и карналлит, иногда полигалит. Среди сульфатных солей, кроме ангидрита, имеются и месторождения, представленные только полигалитом, но пока они еще мало изучены. Детально разведано только Жилианское полигалитовое месторождение в Казахстане.

В сульфатных калийных месторождениях Предкарпатского прогиба размещение калиеносных залежей очень сложное, от пластово-линзовидных до линзовидных тел, в которых наблюдаются частые фациальные переходы между

солями разного минерального состава, резко меняются на коротких расстояниях мощности (от 1—2 до 100—120 м), содержание основных компонентов и примесей, особенно терригенного материала. Преобладающими являются линзы лангбейнито-каинитовых, каинито-лангбейнитовых, каинитовых, сильвино-каинитовых и кизерито-каинитовых пород. Имеются линзы сильвинитов, иногда с карналлитом и полигалитом. Эти линзы залегают в сильно брекчированных породах, представленных галитом с большим количеством терригенного материала, карбонатов и ангидрита, которые содержатся и в самих линзах, часто дислоцированных и располагающихся многоярусно. Проявления соляной тектоники здесь сильно усложнены из-за перемежаемости пород разной жесткости.

Бессульфатные или хлоридные месторождения различаются масштабами и формой тел калийных солей. Они представляют пласты и слои, хорошо стратифицированные и прослеживающиеся на многие километры без существенных и резких изменений мощности и состава (не считая изменений, наложенных на них пликвативными и дизъюнктивными нарушениями, особенно связанных с соляной тектоникой).

В бессульфатных месторождениях содержание нерастворимых в воде примесей значительно ниже, чем в сульфатных, однако на отдельных участках оно повышается до 10 и даже 15%.

Месторождения калийно-магниевых солей по размерам и морфологии соляных залежей, по сложности их внутреннего строения и условиям залегания, а также выдержанности мощности, качества и технологических свойств солей, в соответствии с Инструкцией ГРЗ СССР, можно разделить на четыре основных типа:

1) пластовые, выдержанные по мощности, условиям залегания, качеству и технологическим свойствам калийных и магниевых солей; 2) пластово-линзообразные, сравнительно выдержанные по мощности, качеству и технологическим свойствам солей; 3) пластово-линзообразные и линзообразные, не выдержанные по мощности и строению, неустойчивые по качеству и технологическим свойствам калийно-магниевых солей; 4) солянокупольные структуры, не выдержанные по мощности и строению калийно-магниевых отложений, неустойчивые по качеству и технологическим свойствам калийно-магниевых солей.

К первому типу относятся месторождения, в которых калиеносные горизонты и пласты прослеживаются на многие километры, залегают горизонтально, слабо наклонно или в виде сравнительно пологих складок, имеют небольшую амплитуду колебаний мощностей продуктивных пластов и небольшое содержание полезных и вредных компонентов. К этому типу могут быть отнесены Верхнекамское и Старобинское месторождения. Основные «рабочие» горизонты и пласты на эксплуатируемых участках и шахтных полях этих месторождений (пласты Кр, П, АБ и В на Верхнекамском и П и Ш горизонты — на Старобинском).

Учитывая сложность строения и ориентировочную его расшифровку скважинами, пробуренными с поверхности земли, для месторождений, в которых продуктивные горизонты залегают в виде пологих складок, осложненных соляной тектоникой, целесообразно в первом типе выделить два подтипа: а) пластовых месторождений с незначительной тектонической нарушенностью продуктивных пластов и слабыми проявлениями соляной тектоники (Старобинское); б) пластовых месторождений с более сложным геологическим строением, в которых продуктивные пласты залегают в виде пологих складчатых структур, заметно осложненных проявлениями соляной тектоники (Верхнекамское).

Как показали детальные исследования этих месторождений, замещения пластов калийных солей каменной солью занимают не более 1% площади, а сильвинитов смешанными солями — менее 10% — одного из пластов. Площади и конфигурация их имеют существенное значение при планировании выемочных работ и могут определяться при эксплуатационной разведке.

Ко второму типу относятся месторождения, в которых калиеносные горизонты прослеживаются на многие километры, но в их пределах степень калиеносности не остается постоянной: пласты калийных солей имеют линзовидный характер, выклиниваются на расстоянии нескольких километров, замещаются линзами каменной соли, то объединяются с выше или ниже лежащими линзами, то снова образуют самостоятельные линзы. Амплитуда колебаний мощностей пластов калийных и калийно-магниевого солей и содержаний в них KCl , $MgCl_2$ и нерастворимых примесей в них значительно больше, чем в месторождениях первого типа.

К этому типу могут быть отнесены Карлюкское и Карабильское месторождения верхнеюрского калиеносного бассейна, приуроченные к брахиантиклинальным поднятиям и крыльям их, с пологими углами падения и незначительными проявлениями соляной тектоники, главным образом в приразломных зонах. Пласты калийных солей в них представлены в основном сильвинитами в верхней и средней части разреза калиеносной толщи и сильвинит-карналлитовыми породами в нижней; только самый верхний пласт небольшой мощности также слагается карналлитовой породой.

В подстилающей и разделяющей пласты калийных пород каменной соли наблюдается неравномерная вкрапленность сильвина и карналлита, поэтому границы пластов не всегда отчетливы. В широких пределах изменяются содержания в промышленных пластах KCl — от 10 до 70%, $MgCl_2$ — от 0,04 до 3—5%; нерастворимых примесей — большей частью до 3—6%. Мощности пластов колеблются от 0,3 до 30 м, в среднем составляя 3—5 м. При столь больших амплитудах колебаний состава и мощностей пластов на месторождениях выделяются достаточные для строительства площади и запасы сильвинита кондиционного качества и хорошей выдержанности. Более велики и лучшего качества запасы солей Карабильского месторождения.

К третьему типу относятся месторождения калийно-магниевого солей, в основном сульфатной группы, для которых характерно линзообразное, реже — пластово-линзообразное строение калийно-магниевого залежей, представленных сульфатными, хлоридно-сульфатными и хлоридными солями, с сильно меняющимся минеральным и химическим составом солей и нерастворимых примесей в них, на протяжении сотен и даже десятков метров. Для подобных месторождений типично сложное чередование линз разного состава и сложная пликативная и дизъюнктивная тектоника калиеносных горизонтов. По сравнению с ними полигалитовые месторождения имеют более выдержанный состав солей, пластово-линзообразную форму тел полезного ископаемого большей протяженности и плавные изменения мощностей. Поэтому представляется целесообразным в третьем типе выделить два подтипа месторождений: а) пластово-линзообразные, главным образом полигалитового состава; б) линзообразные со сложным составом калийно-магниевого солей, часто меняющимся на коротких расстояниях.

К четвертому типу относятся месторождения калийно-магниевого солей, приуроченные к солянокупольным структурам, сложное строение которых и недостаточно выясненные закономерности подъема из глубин к поверхности соляных масс позволяют говорить о невыдержанности их мощности и строения,

о неустойчивости их качества. Однако изучение Индерской и Эльтонской солянокупольных структур уже дают возможность делать предварительные выводы о том, что в пределах очень крупных структур пласты калийных и калийно-магниевого солей в отдельных частях сохраняют выдержанность мощностей и состава и могут служить объектом промышленной эксплуатации.

Согласно классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых, месторождения I и II типов относятся к I группе. В то же время опыт показывает, что отдельные участки месторождений осложнены складчатыми структурами, характеризуются переходами части слоев из силвинитовых в карналлитовые или обратно. Это обстоятельство обуславливает отнесение их к II группе. По-видимому, наиболее часто к I группе должны относиться месторождения, участки и пласты подтипа А первого типа, а к II группе — подтипа Б. По этим же соображениям, очевидно, целесообразно относить месторождения II типа к II группе, оставляя в I группе только более выдержанные по мощности, качеству солей и условиям залегания, а также участки и пласты пластово-линзообразного характера.

Месторождения III типа, в том числе все месторождения и участки подтипа А и пластово-линзообразного характера, а также часть более выдержанных по качеству, мощности и строению более крупных месторождений линзообразной формы подтипа Б могут относиться к II группе, а наиболее невыдержанные, в основном линзообразные, — к группе III.

Месторождения IV типа, как менее и более сложные месторождения III типа, должны относиться к II или III группе.

Поисковые работы. Все залежи калийных и калийно-магниевого солей приурочены к соленосным формациям, занимая в них по сравнению со всеми соленосными породами и каменной солью подчиненное положение, но с разными соотношениями между ними. Во многих формациях калийные соли проявляются только в виде незначительной вкрапленности или вообще отсутствуют. Поэтому непосредственным поискам калийных солей должно предшествовать выявление и изучение соленосных формаций, выяснение их общего геологического строения и солевого состава, распространения и признаков их калиеносности.

Эта задача должна решаться в основном на стадиях региональных геофизических работ, региональной геологической съемки масштаба 1 : 200 000, глубинного геологического картирования и составления прогнозных карт на выявление соленосных формаций, а среди них — перспективных для выявления калийно-магниевого солей. Очень большое значение для выполнения этой задачи имеет максимально полное использование результатов бурения скважин на нефть и газ.

К геологическим предпосылкам нахождения в соленосных формациях калийно-магниевого солей относится увеличение мощности толщи солей на участках, испытывавших наибольшее конседиментационное прогибание в процессе садки солей, в виде впадин и прогибов в пределах солеродного бассейна. Калийные соли с наибольшей вероятностью могут быть приурочены именно к таким участкам.

Как геологическую предпосылку можно рассматривать приуроченность мощного галогенеза к определенным стратиграфическим подразделениям: верхний девон, нижняя пермь, верхняя юра и неоген. Это конечно, не исключает возможности выявления месторождений калийных солей и в другие эпохи, но с меньшей вероятностью. К ним, в частности, относятся кембрийские отложения Сибирской платформы.

К косвенным поисковым признакам можно отнести различную скорость накопления остаточного глинисто-гипсового материала над размывающимися пластами каменной соли и калийно-магниевого солей, обычно содержащих больше нерастворимых примесей и быстрее растворяющихся. К ним относятся бром-хлорные отношения: по мере роста концентрации солей в солеродном бассейне (в рапе) в выпадающем галите увеличивается содержание брома.

Из прямых поисковых признаков, выходы соляных и соленосных пород на поверхность земли встречаются сравнительно редко, а среди них — выходы калийных и магниевого солей — во много раз реже. Более широкое распространение, а следовательно, и большое значение могут иметь гидрогеологические, в частности гидрохимические, признаки, к которым относятся соляные источники, подземные солевые воды и рассолы, вскрываемые колодцами, скважинами, и разгружающиеся в ручьи, речки и озера, обладающие повышенной минерализацией и определенными соотношениями растворенных в них компонентов. При этом повышенное содержание калия не во всех минеральных водах подтверждает наличие калиеносных пород. На это указывают главным образом соленые воды и рассолы, образовавшиеся за счет выщелачивания соляных залежей, содержащих калийные и калийно-магниевого соли, а в них содержание калия может быть и невысоким. Более важное значение для суждения о возможном наличии калийных солей имеют не абсолютные содержания в этих водах и рассолах отдельных компонентов, а их соотношения между собой и по отношению к общей минерализации этих вод. Кроме упоминавшегося бром-хлорного коэффициента используются: магний-хлорное отношение ($Mg:Cl$), калий-хлорный ($K \cdot 10^3 : Cl$) и калийный ($K \cdot 10^3 : \Sigma$ ионов) коэффициенты, а также калий-бромное отношение ($K : Br$). Повышенные значения их свидетельствуют о растворении подземными водами калийных и калийно-магниевого солей. Для обоснованного прогноза необходимо комплексное использование этих отношений.

Общие поиски, в задачу которых входит выявление отложений калийных и магниевого солей, границ их распространения, основных минеральных форм, характера и степени загрязнения, содержания основных компонентов (калийных и магниевого солей), взаимосвязей с вмещающими породами, обычно охватывают галогенные формации.

Общие поиски осуществляются на больших территориях. Начинаются они с изучения геологической документации и образцов керна, имеющихся на изучаемой площади скважин. При этом основное внимание должно уделяться интерпретации каротажных исследований в скважинах. На их основе подбирается комплекс геофизических методов для площадного обследования территории и выявления тех или иных геофизических аномалий. Он может включать гравиметрические, сейсмометрические, электрометрические, радиометрические методы, соотношение которых и значение может изменяться от бассейна к бассейну, в зависимости от геологического строения района, характеристик покрывающих соленосную толщу отложений, глубины залегания толщи солей, ее структурных особенностей и условий залегания, а также внутреннего строения и распределения в ней пластов и горизонтов, заключающих калийные и калийно-магниевого соли.

Большое внимание при этом уделяется радиометрическим методам. В ряде случаев весьма ценные результаты могут быть получены при использовании геохимических, особенно гидрохимических, методов поисков.

Применение буровых скважин на этой подстанции ограничено. Они используются главным образом для проверки и подтверждения наличия калиеносных

пород, продуктивных горизонтов, структурных построений, основанных на всем комплексе предполевых и полевых геофизических и геохимических исследований. Место заложения каждой скважины и комплекс исследований в ней, включая всесторонний каротаж, должны тщательно обосновываться. Наряду с этим единичные скважины необходимы и в краевых частях соленосного бассейна — для изучения взаимосвязей с вмещающими породами, а также в краевых частях развития в бассейне калиеносных пород для выяснения связей их с соленосными породами. Точная привязка скважин и определение положения ствола их особенно важны на ранних этапах, когда отсутствуют сети и точные границы участка обследования. Это требует обязательной топографической привязки их и детальной инклинометрии, а также тщательного тампонажа скважин. Опробование должно быть наиболее детальным. Соответственно предъявляются требования к высокому выходу, ненарушенности и сохранности керна, к изучению его свойств.

Детальные поиски калийных и магниевых солей производятся в пределах соленосных формаций, в которых предварительными поисками не было выявлено пластов калийных или магниевых солей, но установлены прямые или косвенные признаки их наличия, требующие детализации поисковых работ, но недостаточные для перехода к подстадии поисково-оценочных работ. Детальные поиски могут быть необходимы для обследования глубокозалегающих частей калиеносных формаций, в которых уже выявлены участки промышленной калиеносности, но перспективность этих частей предварительными поисками или поисково-оценочными работами не была установлена. Характер детальных, как и общих поисков, изменяется в зависимости от генетического типа соленосных формаций, их масштаба и условий залегания, а также приуроченности к различным геологическим структурам, степени тектонической нарушенности и проявлений соляной тектоники.

Для крупных полого залегающих на значительной глубине соленосных формаций, таких, как Верхнекамская, Полесская, Среднеазиатская, Прикаспийская и Восточно-Сибирская, необходимо применение площадных геофизических методов, в частности: гравиметрии, сейсмометрии, электрометрии, в сочетании с бурением немногих скважин, главным образом по профилям, сопровождающимся комплексом каротажных исследований, включая детальную радиометрию. Геохимические и гидрохимические методы поисков в пределах таких формаций имеют подчиненное значение, исключая детальный геохимический анализ разрезов скважин, вскрывающих или пересекающих соленосную толщу, а также участки, приближающиеся к поверхности вследствие региональной или солянокупольной тектоники, где эти методы имеют особое значение.

Резко возрастает роль геохимических и гидрохимических методов поисков в пределах соленосных формаций, выходящих на поверхность, особенно в районах с пересеченным и гористым рельефом, или под четвертичные отложения, а также в районах развития солянокупольных структур. Значительно большее место в них занимают и площадные геофизические методы. Кроме гравиметрического и сейсмометрического, здесь находят более широкое применение электрометрические и радиометрические методы, включая пешеходную, авто- и аэрогамма-съемку. Кроме скважин, в таких районах иногда возможно и применение горных выработок, главным образом канав и шурфов, в основном фиксирующих косвенные признаки присутствия на глубине калийно-магниевых солей. К таким районам могут быть отнесены значительные части Прикарпатского и Закарпатского бассейнов, а также восточная часть Среднеазиатского и солянокупольные структуры Прикаспийского бассейнов.

Поисково-оценочные работы проводятся в пределах соленосных формаций, в которых детальными поисками выявлены пласты калийно-магниевых солей, которые по предварительной оценке могут представлять промышленную ценность. Основная задача этих работ заключается в обследовании всего или значительной части калиеносного бассейна с целью выявления частей и участков, которые по своим параметрам и технико-экономическим показателям являются лучшими в пределах бассейна. На этой подстадии целесообразно выделить два этапа или направления исследований. Одно из них должно иметь своей задачей выделение частей бассейна и более подробное изучение их с детальностью, позволяющей уверенно рекомендовать их для проведения предварительной разведки и ориентировочно ограничить перспективные площади, на которых могут быть подсчитаны запасы категории C_2 . Другое направление относится к изучению бассейна в целом, с его перспективными и бесперспективными частями и имеет целью выявление закономерностей геологического строения.

Учитывая приуроченность калиеносных пластов и горизонтов к значительным толщам соленосных отложений с мощными пластами подстилающей, разделяющей и покрывающей их каменной соли, а также залегание их на больших глубинах, основным видом поисковых и разведочных выработок на этой подстадии следует считать скважины колонкового бурения. Выполнение с помощью скважин основных задач поисково-оценочных работ возможно только при условии одновременного применения достаточно широкого комплекса геофизических и геохимических исследований, как в скважинах по керну, так и площадных. Располагать поисковые скважины следует по правильной сети, форма которой отвечает конкретным особенностям данной соленосной формации. При этом количество скважин, пересекающих полезную толщу, может достигать нескольких десятков. Такое количество пересечений толщи полезного ископаемого дает возможность получить достаточно надежные средние данные о нем и пределы колебаний основных параметров, а также выявить наиболее важные закономерности изменений параметров калиеносных горизонтов, химического и вещественного состава калийных и калийно-магниевых солей. Судя по результатам проведенных на некоторых месторождениях предварительной и детальной разведок, а также эксплуатации отдельных участков их, сети, выбранные для поисково-оценочных работ, не всегда были оптимальными. Так, на Верхнекамском месторождении сеть 8×8 км была явно редка и не позволила, в частности, в его южной части выявить закономерности изменения состава калийных солей: увеличения содержания KCl и нерастворимых примесей в южном и юго-восточном направлениях. В дальнейшем она была сгущена до 4×4 км в его южной части и до 8×8 км со скважиной в центре квадрата — в северной. Это сгущение позволило также обнаружить Дуринский прогиб широтного направления, а затем и еще один — севернее от него. Следует подчеркнуть, что расстояния между поисковыми скважинами и их расположение (форма сети) не должны жестко регламентироваться; они могут быть разными для конкретных калиеносных бассейнов, и даже частей их, в зависимости от особенностей геологического строения.

Особенностью поисково-оценочных работ на месторождениях калийных солей, приуроченных к пологозалегавшим соленосным формациям и к брахиантиклинальным и солянокупольным структурам, является необходимость прослеживания и изучения краевых частей пластов калийных солей, их состояния и состава, в зонах выклинивания в толще каменной соли, а иногда и за ее пределами, а также в изучении характера элювия этих пластов в зонах

выщелачивания и растворения их, и следов их в кепроке. Это требует продолжения профилей поисковой сети за границы распространения калиеносных горизонтов и толщ каменной соли, изучения контактов калийных солей, каменной соли и несолевых пород с еще большей тщательностью и полнотой, с более широким и глубоким использованием комплекса геофизических и геохимических методов.

На подстадии поисково-оценочных работ особенно важно применение таких площадных геофизических методов, как сейсмометрические и электрометрические, с охватом ими всей или значительной части площади калиеносного бассейна.

В связи с тем, что одной из главных задач поисково-оценочных работ является выбор перспективных для первоочередного освоения площадей и участков для проведения на них предварительной разведки, особое значение приобретает получение достаточно полных данных для сравнительного анализа их по горнотехническим условиям разработки, параметрам и строению пластов, качеству и технологическим свойствам калийных солей, по закономерностям изменений их в пределах калиеносного бассейна, для предварительных соображений по выбору наиболее благоприятного метода переработки. Эти данные могут быть получены путем тщательной и целенаправленной геологической документации, применения комплекса каротажных исследований, всестороннего опробования калийных пластов и горизонтов.

В отличие от каменной соли, которая обогащается сравнительно редко и наиболее простыми методами, калийные соли применяются только после обогащения. Добыча калийных солей, в основном шахтным способом, требует определения ряда параметров, характеризующих устойчивость, прочностные и другие физические свойства калийных солей и вмещающих их пород. Поэтому при поисково-оценочных работах на калийные соли объем и широта информации, получаемые по каждой поисковой скважине, должны быть многократно большими, чем при поисках месторождений каменной соли, где столь широкие данные, кроме химического состава, могут получаться и по разреженной сети или единичным скважинам.

Ограниченность общего количества пересечений полезной толщи в пределах калиеносного бассейна делает необходимым, начиная с подстадии поисково-оценочных работ, получение по каждой скважине информации такого объема и качества, которые позволят в дальнейшем использовать ее наравне с данными, получаемыми по скважинам предварительной и детальной разведки.

Геологическая документация, как показывает практика последних лет, должна быть более полной и конкретной. В ней необходимо освещать не только слои в целом, но и все прослойки, детали переслаивания калийных солей и каменной соли, характеристику и параметры солевых и несолевых прослоев, представленных глинами, карбонатами и ангидритом. Должны фиксироваться не только изменения цвета, но и цветовой рисунок, оттенки, переходы; размеры кристаллов и зерен должны выражаться конкретными величинами; очень важны взаимоотношения кристаллов сильвина с галитом и с карналлитом, характер распределения нерастворимых примесей; количество и распределение газово-жидких включений и т. д. Особое место в документации занимает описание состояния зерна.

Опробование производится с такой же детальностью, что и в период предварительной разведки. Оно, как правило, имеет послойный характер. При этом по части скважин отдельно опробуются даже небольшие прослои калийных и каменной солей. В дальнейшем, если нет существенных различий между

этими прослоями, они могут объединяться в слои мощностью до 1 и даже 2 м. Подстилающая и покрывающая каменная соль, а также междупластья при большой мощности их могут опробоваться и более крупными интервалами. Опробование обычно увязывается с каротажными исследованиями, в частности с гамма-каротажем и кавернометрией, которые позволяют уточнить интервалы, требующие раздельного опробования. Для этой цели целесообразно применение микрокаротажа.

Наряду с химическими анализами, которыми должны определяться основные компоненты и микрокомпоненты калийных солей, в большей части проб достаточно определения содержания калия, магния, кальция, нерастворимых в воде примесей, хлора и сульфат-иона. На подстадии поисково-оценочных работ производится определение минерального состава калийных солей, петрографические исследования, включающие изучение структурно-текстурных особенностей, взаимоотношений минералов и распределение примесей. Изучается также вещественный состав по фракциям, исследуются физико-механические свойства каменной и калийных солей, несолевых пород, особенно глинистых. Для последних очень важно изучение минерального состава, склонности к набуханию, дезинтеграции и других свойств, характеризующих их устойчивость в горных выработках. Как правило, такие исследования, в большем или меньшем объеме должны осуществляться по всем поисковым скважинам.

По результатам поисково-оценочных работ выбираются площади для предварительной разведки и определяется ее методика.

Предварительная разведка месторождений калийных солей в отличие от месторождений каменной соли проводится на большей части площади калиеносного бассейна, признанной перспективной для первоочередного освоения, даже если она включает запасы, обеспечивающие строительство нескольких калийных шахт.

Основной задачей предварительной разведки является выяснение и уточнение геологической структуры месторождения, формы и условий залегания пластов калийных солей, их качества и технологических свойств, а также горнотехнических условий разработки наиболее перспективных участков месторождения и решения вопроса о сроках освоения и перехода к детальной разведке. В ее задачу входит и выяснение основных параметров, определяющих методику детальной разведки.

Методика предварительной разведки месторождений калийных солей по существу повторяет почти все основные положения методики предварительной разведки месторождений каменной соли. В то же время задачи, стоящие перед ними, имеют различную направленность. В пределах выявленного соленосного бассейна предварительной разведкой каменной соли разведываются и изучаются участки с наибольшей мощностью каменной соли, наименьшим количеством примесей к ней, особенно калийных и магниевых. Предварительной разведкой месторождения калийных солей изучаются площади и участки бассейна, заключающие пласты и линзы калийных солей.

Особенности предварительной разведки месторождений калийных солей определяются своеобразием проявлений в них соляной тектоники, включающих мелкую дисгармоничную складчатость, микроскладчатость, будинаж, сложные формы «течения» солей, брекчирование. Большая часть перечисленных проявлений соляной тектоники локализуется в пределах калийных пластов или калиеносных горизонтов. Реже они накладываются, значительно усиливают и усложняют более крупные складчатые структуры, связанные с региональной тектоникой.

Скважины колонкового бурения на стадии предварительной разведки обычно унаследуют расположение их, принятое при поисково-оценочных работах, если в результате проведения последних не произойдет изменения представлений о геологическом строении месторождения, требующих переориентировки ранее принятой сети. При этом в соответствии со стремлением к правильной сети и со сгущением ее большей частью в два раза наиболее частые переходы от квадратной к прямоугольной или от последней к квадратной сети, реже — переходы к профилям со сгущением скважин на линиях профилей. Расположение скважин в центрах квадратов ранее принятой сети мало эффективно.

Разведочная сеть ориентируется вкрест направления изменений наиболее существенных для выявления геологического строения показателей условий залегания калийных горизонтов, мощностей пластов солей, содержаний основного компонента и вредных примесей складчатых структур. Ориентировку сети в процессе поисково-оценочных работ, а чаще на стадии предварительной разведки в первую очередь связывают со складчатостью. В отдельных случаях приходится закладывать и единичные профили, не совпадающие с общей ориентировкой сети.

Для изучения характера, размеров, расположения антиклинальных и синклинальных складок низких порядков наряду с использованием скважин, пробуренных по разведочной сети, широко используются различные площадные геофизические методы, включая электрометрические, гравитационные, гамма-съемку, а также бурение дополнительных скважин до соляного зеркала, с небольшим углублением ниже его, 10—20 м. Большое значение для уверенной корреляции разреза соленосной толщи по скважинам имеет заблаговременное определение стратиграфической колонки соленосных отложений с выделением основных циклов соленаккумуляции.

Корреляционные исследования необходимо проводить на стадии предварительной разведки. Задержка с ее началом до стадии детальной разведки грозит потерей наиболее важной и ценной информации, так как керн соленосных пород при длительном хранении становится непригодным для этой цели.

При проведении разведочных работ на калийные соли получение высокого, не менее 90—95%, выхода керна в минимально нарушенном состоянии и хорошей сохранности имеет важное значение. Поэтому на стадии предварительной разведки должны быть опробованы и выбраны оптимальные конструкции скважин, методы и режимы бурения. Следует отметить, что для каждого калиеносного бассейна эти мероприятия неодинаковы, что связано с разными физико-механическими свойствами солей.

В Уральском территориальном геологическом управлении разработан метод бурения скважин по калийным солям эрлифтным снарядом с оборотной циркуляцией промывочного раствора в призабойном пространстве, а также бурение с погруженными насосами по негазирующим скважинам, взамен безнасосного бурения. Это позволило увеличить выход керна до 90—95%, уменьшить выщелачивание солей и, тем самым, повысить достоверность буровой разведки.

Промывка скважин должна производиться раствором, насыщенным в отношении всех минеральных разностей легкорастворимых солей, пересекаемых скважинами. Необходим систематический контроль за составом промывочного раствора и его температурой от забоя скважины до зумпфа с раствором. На месторождениях сульфатных солей раствор должен быть насыщен и относительно сульфат-иона.

Все скважины, пробуренные при поисках и предварительной разведке, должны быть тщательно затампонированы от забоя до устья. В последние годы широкое распространение получил тампонаж скважин каустическим магниезом, от забоя до зеркала соли, а выше — обычным тампонажным цементом.

Все скважины предварительной разведки должны быть опробованы. Опробование производится послойно-секционное, с длиной секции не более 1—2 м. В необходимых случаях, учитывая опыт применения комбайнов, способных отрабатывать слои мощностью в 0,7 м, интервал опробования может быть сокращен до 0,5—0,7 м.

По всем скважинам предварительной разведки проводится комплекс каротажных исследований. При этом в качестве обязательных методов применяются гамма-каротаж и кавернометрия, в ряде случаев целесообразно использование микрокаротажа и нейтронного гамма-каротажа. Комплекс остальных методов подбирается применительно к каждому конкретному месторождению. По каждой скважине обязательно производится инклинометрия. Данные каротажа сопоставляются с результатами анализов, определяется положение пластов калийных солей, их мощности, содержание в них калия, особенно для интервалов с пониженным выходом керна, выделяются пласты, представленные карналитовой породой или бишофитом, определяются положение соляного зеркала, наличие на нем рассольного горизонта и ориентировочное распространение горизонта с минерализованными водами над ним, а также положение и характер вышележащих водоносных горизонтов. На стадии предварительной разведки начинается изучение гидрогеологических условий эксплуатации месторождения: производятся откачки из скважин, замеры уровней воды водоносных горизонтов, ведется изучение химического состава их и дебитов, исследуются гидрогеологические условия краевых частей бассейна и участки возможного карстования солевых отложений.

По результатам предварительной разведки выбираются участки и площади (наиболее перспективные для детальной разведки и первоочередного освоения), на которых подсчитываются запасы категории C_1 . На основе изучения вещественного состава и технологических свойств солей выбирается наиболее оптимальный способ обогащения и переработки сырья, так как от правильного выбора способа зависит основное направление изучения сырья при детальной разведке и характер дальнейших технологических исследований.

Детальная разведка месторождений калийных солей проводится на участках (шахтных полях), которые на основании предварительной разведки намечаются к промышленному освоению в ближайшие годы, а по количеству запасов обеспечивают будущее предприятие на нормативный срок деятельности (обычно 40 лет).

На стадии детальной разведки уточняются представления о геологическом строении месторождения и участка разведки, качестве, вещественном составе и технологических свойствах солей.

В действующей Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям ископаемых солей приведены ориентировочные расстояния между разведочными скважинами для запасов категорий А, В и C_1 разных типов месторождений солей. Эти расстояния не являются обязательными и для каждого месторождения должны обосновываться в ходе разведочных работ.

При разведке месторождений хлоридных калийных солей (Верхнекамское, Старобинское, Карлюкское, Тюбегатанское, Карабильское), расстояния между скважинами для запасов категории А принимались от 800 до 1000 м, категории В — от 1000 до 2000 м и категории C_1 — до 2500, а иногда и до 4000 м,

При разведке месторождений сульфатных и хлоридно-сульфатных калийных солей (Калуш-Голыньское и Стебникское) эти расстояния, соответственно, составляли: 250—500, 600—1000 и 1200 м. Необходимо отметить, что фактически применяемые расстояния не всегда были достаточно обоснованными и не всегда обеспечивали увязку пластов и слоев калийных солей, правильное определение закономерностей изменения их состава и выявление необходимых деталей геологического строения. В основном это относится к месторождениям сульфатных калийных солей, большей частью представленным линзами сложных очертаний с весьма изменчивым минеральным и химическим составом солей при сравнительно небольших размерах линз.

Анализ результатов разведочных работ и опыта эксплуатации свидетельствует о необходимости внесения изменений в методику геологоразведочных работ, в первую очередь в сторону резкого увеличения их информативности и усиления технологических исследований. В отдельных случаях, при очень сложном геологическом строении месторождений (некоторые месторождения сульфатных калийно-магневых солей Прикарпатья и Эльтонское), детальную разведку целесообразно совмещать с проходкой шахты и подземных подготовительных выработок с последующим бурением из них скважин.

На месторождениях пластообразных и пластово-линзообразных, особенно хлоридных калийных солей, при соответствующем совершенствовании геологоразведочного процесса промышленная оценка может быть дана с необходимой для проектирования детальностью и полнотой без вскрытия месторождения горными выработками. Это возможно на основании информации, получаемой за счет более полного и рационального использования скважин с поверхности земли, извлекаемого из них керна и геофизических исследований.

Для уточнения положения складок, зон размыва и замещения обычно достаточно проведения эксплуатационной разведки.

Опробование, анализы, технологические исследования. Геологическая документация при детальной разведке должна включать подробную характеристику породы, вплоть до самых мелких прослоек, и подробное описание состояния керна. В ней должны отражаться цветовые оттенки, структура породы, размерность кристаллов сильвина, карналлита и галита, характер их срастания и прорастания, особенности и распределение нерастворимых примесей, газово-жидкие включения и др. Интервалы описаний не должны превышать интервалов опробования (отбора рядовых проб).

Пробы для химических анализов, как правило, отбираются путем высверливания отверстия в керне и сбора порошка. Опробуются все скважины полойно, а при большой мощности однородных слоев поинтервально, с длиной интервала не более 1—2 м по калийным солям и 5 м по каменной соли. При крутых углах падения соляной толщи интервалы обычно несколько увеличиваются. Сокращенными анализами определяются содержания компонентов, позволяющих выделить продуктивные пласты и слои, а в них — прослои галита и других пород, которые в дальнейшем смогут удаляться путем селективной отработки или на первой стадии обогащения. Мощность их может составлять всего 0,7—0,5 м и даже 0,3—0,2 м. В зависимости от состава и строения калиеносных горизонтов этими анализами определяются содержания K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , SO_4^{--} . Последний необходим для уточнения стратиграфического разреза. При использовании для определения K^+ фотопламенного метода находится и содержание Na^+ .

Более полными химическими анализами, которые выполняются по пробам, часто объединяющим несколько рядовых проб, кроме всех перечисленных выше

компонентов определяются содержания $\text{CO}_3^{''}$, Fe_2O_3 , нерастворимого в воде и нерастворимого в HCl остатка. В ряде случаев производится анализ солянокислой вытяжки, а нередко и анализ нерастворимого в HCl остатка. Соотношения между сокращенными и полными анализами, а также составов определяемых ими компонентов, обычно устанавливаются на стадии предварительной разведки.

Параллельно производятся спектральные анализы и большей частью по тем же пробам минералогические анализы, в количествах, обеспечивающих надежную увязку определяемых компонентов в соли и их пересчет на минеральный состав. Основная часть этих исследований производится по калиеносным горизонталкам. Вмещающая их каменная соль изучается менее детально за счет использования сокращенных анализов.

Петрографические исследования производятся по образцам, отбираемым по типичным разностям калийных и калийно-магневых солей из каждой разведочной скважины. Основная задача их кроме определения петрографических особенностей породы заключается в сравнительной характеристике этих пород и установлении закономерностей в разрезе и по площади месторождения. Особое место занимают петрографические исследования нерастворимых в воде примесей в соли, выполняемые на отдельно отбираемых пробах и нередко совмещаемые с изучением вещественного состава солей и нерастворимого остатка.

Пробы для физико-механических испытаний и определения объемной массы отбираются по разреженной сети от калийно-магневых солей и вмещающих пород и изучаются по программам, согласовываемым с технологическими и проектными организациями.

Особое место занимает изучение вещественного состава солей и нерастворимого остатка, ранее почти не производившееся. Как правило, оно должно выполняться по всем скважинам. Изучение вещественного состава солей заключается в дроблении пробы на фракции и изучении химического и минерального состава этих фракций, а также петрографических особенностей их. Размерность фракций определяется размерами кристаллов калийных и калийно-магневых солей и галита, но, учитывая необходимость выпуска крупнокристаллического хлористого калия, лимитируемого ГОСТ, в пробах следует выделять фракции -1 мм, $+1-4$ мм и $+4$ мм или более крупные. При изучении нерастворимого остатка могут выделяться фракции $+0,5$ мм, $-0,5-+0,1$ мм, $-0,1-+0,01$ мм, $-0,01-+0,005$ мм, $-0,005-+0,001$ мм и $-0,001$ мм.

Лабораторно-технологические испытания сырья практически должны начинаться на подстадии поисково-оценочных работ, с проведением простейших исследований для принципиальной оценки возможных способов переработки солей разведываемого месторождения и участка. Это в первую очередь проверка флотуемости солей, а также растворимости и других параметров, определяющих возможность переработки сырья галургическим способом.

На стадии предварительной разведки диапазон лабораторных исследований возрастает. Проверяется также возможность переработки солей и другими способами (электростатическая сепарация, разделение в тяжелых жидкостях и суспензиях, холодное растворение, шламовая флотация и др.). В лабораторных условиях проверяются технологические свойства всех основных разностей солей. Выбирается основной способ их обогащения и переработки солей. Количество проб для лабораторно-технологических испытаний должно быть резко увеличено. В соответствии с результатами этих испытаний на стадии детальной разведки уточняется необходимый комплекс химических анализов, минералого-петрографических исследований, работ по изучению вещественного состава.

На стадии детальной разведки наряду с продолжением лабораторно-технологических испытаний на обычных пробах должны проводиться и лабораторные испытания на укрупненных пробах, с проработкой реагентных режимов и аппаратурного оформления, завершающиеся полупромышленными испытаниями, моделирующими аппаратурное оформление и технологический процесс промышленных предприятий. Производство заводских испытаний на больших пробах необходимо осуществлять только для принципиально новых неосвоенных видов сырья.

Доразведка в пределах горного отвода производится на эксплуатируемых месторождениях калийно-магниевых солей для изучения отдельных недостаточно изученных частей месторождения, горизонтов и участков, разведанных до категории C_1 или C_2 с целью перевода запасов их в более высокие категории. Обычно она осуществляется путем проходки из действующей шахты разведочных горных выработок, комбайновых ходов, бурения из них подземных скважин и опробования выработок и скважин. С поверхности проходятся скважины в основном до соляного зеркала.

Эксплуатационная разведка на месторождениях калийно-магниевых солей должна начинаться при подготовке месторождения к отработке и продолжаться до окончания его эксплуатации. Она проводится с опережением эксплуатации на 3—4 года, главным образом с помощью скважин подземного бурения, иногда с комбайновой проходкой разведочных горных выработок, с опробованием скважин, разведочных и эксплуатационных горных выработок, производством химических и минералогических анализов, определением вещественного состава солей и нерастворимого остатка. Второй задачей эксплуатационной разведки является сопоставление данных детальной разведки и эксплуатации с целью совершенствования их.

БОРНОЕ СЫРЬЕ

Общие сведения о борном сырье и требования к его качеству. Соединения бора в рассеянном виде широко распространены в магматических, метаморфических и осадочных породах земной коры, в океанах, морях, озерах и минерализованных подземных водах, но промышленные скопления их образуются редко.

Минералы бора подразделяются на две основные группы: боратов и силикатов. В настоящее время известно 145 борных минералов, из них 107 относится к боратам, 21 — к боросиликатам и 17 — к сложным алюмоборосиликатам. Большая часть этих минералов встречается редко или в незначительном количестве. Современная промышленность использует около 20—25 минералов, характеризующихся высоким содержанием бора, легко поддающихся обогащению и химической переработке, встречающихся в промышленных концентрациях в виде достаточно крупных скоплений. Все они относятся к группе боратов, реже боросиликатов.

Наибольшее практическое значение имеют бораты натрия, кальция и магния: бура, кернит, иниит, колеманит, пандермит, улексит, гидроборатит, ашарит, борацит, хильгардит, калиборит, котоит, суанит и некоторые другие, в чистом виде содержащие от 36 до 65% B_2O_3 . В ближайшем будущем возможно использование людвигита и минералов его группы, образующих крупные людвигито-магнетитовые комплексные месторождения. Потенциальным источником борного сырья является рапа некоторых соляных озер и подземные рассолы, содержащие от 0,01 до 0,06% B_2O_3 .

Химический состав основных борных минералов и содержание в них B_2O_3 приведены в табл. 13.

Почти все бораты сравнительно легко перерабатываются химическим путем. Некоторые из них растворяются в воде, особенно горячей. Основная часть разлагается горячими растворами соды или минеральными кислотами, из которых наиболее часто применяется серная кислота. Большое разнообразие борных минералов и примесей к ним обуславливают резкие колебания содержания B_2O_3 в бороносных породах, а наличие среди примесей карбонатов кальция и магния, окислов железа, глинозема, кремнезема повышает расход серной

Таблица 13

Основные борные минералы

Минерал	Химический состав	Содержание B_2O_3 , %	Минерал	Химический состав	Содержание B_2O_3 , %
Бура (тинкал)	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$	36,6	Котоит	$Mg_3[BO_3]_2$	36,0
Кернит	$Na_2[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3H_2O$	51,0	Суанит	$Mg_2[B_2O_5]$	46,4
Иниоит	$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot 4H_2O$	37,7	Преображенскит	$Mg_3H[B_{11}O_{16}(OH)_8]$	65,5
Колеманит	$Ca[B_3O_4(OH)_3] \cdot H_2O$	50,8	Сульфоборит	$Mg_3[B(OH)_4]_2[O_4(OH)F]$	19,3
Пандермит	$Ca[B_5O_6(OH)_7]$	49,5	Галурит	$Mg_2[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3H_2O$	62,2
Улексит	$NaCa[B_5O_6(OH)_6] \cdot 5H_2O$	43,0	Саханит	$Ca_3Mg[(BO_3)_2/CO_3] \cdot H_2O$	20,5
Калиборит	$NKMg_2[B_6O_8(OH)_5]_2 \times 4H_2O$	58,0	Курчатовит	$CaMg[B_2O_5]$	41,7
Гидроборациит	$CaMg[B_3O_4(OH)_3]_2 \times 3H_2O$	49,5	Кальциборит	$Ca_2[B_4O_8]$	55,4
Ашарит	$Mg_2(OH)[B_2O_4(OH)]$	41,4	Сассолин	$H_3[BO_3]$	56,4
Борациит	$Mg_3[B_7O_{13}] \cdot Cl$	62,1	Людвигит	$(Mg, Fe)_2 \cdot Fe^3 + [BO_3/O_2]$	16,0
Хильгардит	$Ca_2[B_5O_8(OH)_2] \cdot Cl$	52,3	Датолит	$Ca[BSiO_4(OH)]$	21,8
Джинорит	$Ca_2[B_{14}O_{20}(OH)_6] \cdot 5H_2O$	65,5	Данбурит	$Ca[B_2Si_2O_8]$	28,7

кислоты и вызывает необходимость предварительного обогащения этих пород. Однако борные минералы часто настолько тесно срastaются с минералами вмещающих пород или так мало отличаются от них физическими свойствами, что эффективные способы обогащения их подобрать не удастся. В других случаях бороносная порода, например глины, содержащие гидроборациит (менее 2% B_2O_3), легко обогащается до 35—40% B_2O_3 . То же относится к бороносным солям, содержащим 2—4% B_2O_3 , представленного в основном калиборитом, борациитом, ашаритом, из которых соли легко удаляются растворением их холодной водой, а содержание B_2O_3 в концентрате увеличивается в 10—20 раз.

Датолитовые и данбуритовые руды (до химической переработки их) также подвергаются предварительному обогащению, в результате которого содержание B_2O_3 в концентрате увеличивается в 1,5—2,0 раза.

Разнообразие вещественного состава борных руд и разная обогатимость их вызывают необходимость индивидуального подхода не только к каждому типу руд, но и к каждому месторождению, при определении требований к их качеству, содержанию в них B_2O_3 и примесей.

Так, например, для боратовых руд в гипсовой шляпе, направляемых на химическую переработку без обогащения, минимальное содержание B_2O_3 может составлять 13 или 18% при среднем по месторождениям в 20—25%. Датолитовые руды скарнового типа могут содержать 10 или 8% B_2O_3 , но содержание B_2O_3 в датолитовом концентрате не должно быть ниже 16%. В данбуритовом концентрате, в зависимости от его назначения, минимальное содержание B_2O_3 должно быть не ниже 16—20%. В бороносных солях минимальное содержание B_2O_3 может снижаться даже до 2%.

Борные руды и концентраты перерабатываются в основном на борную кислоту и буру, используемые в различных отраслях промышленности. В СССР из них получают главным образом борную кислоту, требования к качеству которой определяются ГОСТ 2629—44. Основная часть буры, технической и пищевой, качество которой лимитируется ГОСТ 8429—69, производится из борной кислоты.

Генетические и промышленные типы месторождений борного сырья. Изучение распределения содержания бора в магматических, метаморфических и осадочных породах, материалов по его геохимии, наиболее очевидных путей миграции и проявлений борной минерализации в земной коре свидетельствует о многообразии форм концентрации бора в виде различных минералов на разных этапах геологического развития, от магматических до гипергенных процессов, протекающих в эндогенных и в экзогенных условиях, а также о генетической связи этих форм концентрации с первичным источником бора в виде летучей фракции глубинного происхождения или вторичными, производными источниками его в процессах галогенеза и процессах выветривания.

По условиям образования могут быть выделены следующие генетические типы месторождения или проявлений борного сырья, эксплуатируемые промышленностью или представляющие промышленный интерес для освоения их в недалеком будущем: контактово-метасоматический, вулканогенно-эксталяционный, вулканогенно-осадочный, природных водных растворов, галогенный и элювиальный.

Контактово-метасоматический тип месторождений связан с зонами контактов гранитоидов и карбонатных, иногда кремнисто-карбонатных пород, с поступлением в них потоков летучих фракций, несущих бор и рудные компоненты, под воздействием которых эти породы гранитизировались и преобразовывались в бороносные и рудоносные скарны различного состава. Месторождения этого типа характеризуются сравнительно сложными условиями залегания борных руд и невысоким содержанием окиси бора, что сдерживает вовлечение их в промышленное освоение. Но крупные запасы связанных с ними борных руд, широкое распространение и относительно несложная технология их обогащения и переработки делают месторождения этого типа одним из перспективных источников борного сырья.

Борная минерализация на этих месторождениях развивалась в постмагматическую стадию после образования основных скарновых минералов. Она наложена на скарны и скарнированные породы, а образовавшиеся при этом минеральные комплексы зависят от характера понижения температур. Различают магнезиальные и известковые скарны. В соответствии с этим выделяются магнезиально-скарновый и известково-скарновый подтипы месторождений борного сырья.

К *магнезиально-скарновому подтипу* относятся месторождения и проявления с лудвигитовой, суанитовой, котоитовой и ашаритовой борной минерализацией. Наиболее часто в контакте с доломитами наблюдается сочетание

магнезиальных и магнезиально-железистых боратов группы людвигита с магнетитом, образующих комплексные людвигито-магнетитовые месторождения с проявлениями вторичного ашарита. Для них разработана эффективная технология обогащения руд с получением борного и железорудного концентратов и их дальнейшей переработки. Реже встречаются мономинеральные выделения суанита и котойта, приуроченные обычно к форстеритовым скарнам, кальцифитам и мраморам, окаймляющим магнезиальные скарны.

К известково-скарновому подтипу относятся месторождения и проявления с датолитовой, данбуритовой, а также сибирскит и курчатовит-сахайтовой борной минерализацией. Среди них особый интерес представляют месторождения с боросиликатной минерализацией, в которых ведущими минералами являются датолит и данбурит, формирующиеся в контактово-метасоматический и гидротермальный этапы минералообразования и проявляющиеся в нескольких генерациях, связанных с общим понижением температур. Им сопутствуют кальцит, кварц, волластонит, гранаты, геденбергит, гизингерит и аксинит. При этом в одних месторождениях наблюдается преобладание датолита, а в других — данбурита, что связано с характером изменений режима давления и температур процесса, а также с соотношением в скарнированных породах карбонатной и кремнистой составляющих. Месторождения эти имеют сложное строение: рудные тела и залежи нередко разобщены гранатизированными песчано-сланцевыми породами, реликтовыми блоками известняков или безрудными скарнами. Массивы скарнированных пород, как правило, сильно тектонически нарушены, разбиты многочисленными разрывными нарушениями типа сбросов, взбросов, сбросо-сдвигов, сопровождаются дайками различного состава. Размеры рудных тел и отдельных залежей чаще всего измеряются несколькими сотнями метров и характеризуются неравномерным распределением V_2O_5 . Большей частью среднее содержание датолита или данбурита в рудных телах колеблется от 30—40 до 50—60%, а V_2O_5 , соответственно, от 5—8 до 12—15%. На каждом месторождении выделяется по нескольку типов руд, отличающихся вещественным составом и характером обогатимости, например, датолит-гранатовые, датолит-геденбергитовые, датолит-гранат-геденбергитовые, датолит-гранат-кальцитовые, датолит-волластонит-гранатовые или данбурит-гранатовые, данбурит-датолит-гранатовые, данбурит-кальцит-гранатовые и т. п.

Месторождения с сибирскитовой, курчатовитовой и сахайтовой борной минерализацией пока мало изучены.

Вулканоогенно-эксгальционный тип боропроявлений, обычно связанных с современной или недавней вулканической деятельностью, не имеет большого промышленного значения. Это объясняется незначительными размерами месторождений и их редкой встречаемостью. Месторождения этого типа представляют такие проявления вулканических эксгальциаций на земной поверхности, как фумаролы, сольфатары, паро-гидросольфотермы, несущие из глубин пары борной кислоты, с древних времен добывавшейся из них в Италии. Более велико научное значение этого типа боропроявлений как первичного источника бора, изучение которого позволяет полнее выяснить механизм борной минерализации контактово-метасоматического, вулканоогенно-осадочного и галогенного типов, а также закономерности формирования бороносных термальных и минеральных вод.

Вулканоогенно-осадочный тип борных месторождений, генетически тесно связанных с вулканическими эксгальциациями, отличающимися разнообразием и широким распространением, имеет наиболее важное промышленное значение. Месторождения этого типа заключают большие запасы бор-

ных руд хорошего качества, с высоким содержанием B_2O_3 , легко перерабатываемых и доступных для разработки открытым способом. Среди них выделяются улекситовые, колеманитовые, пандермитовые и тинкал-кернитовые группы месторождений. При этом улекситовые месторождения имеют покровный характер, тинкал-кернитовые — пластовый, а колеманитовые и пандермитовые — также и жильный, и желваковый. По условиям образования и формам нахождения эти месторождения подразделяются на две основные группы: полигермические покровные, пластовые и озерно-солончаковые, желваковые.

Первые образуются на месте выходов горячих бороносных растворов с температурой в $50-70^\circ$, из которых бораты осаждаются вследствие охлаждения и связанного с этим уменьшения их растворимости. В основном они находятся в зонах сухого континентального климата, часто в горных районах, где температура воздуха понижается до 0° и ниже.

Вторые образуются за счет испарения боронокислых растворов, поступающих в бессточные бассейны и котловины. Они обычно расположены в зонах сухого и теплого климата, благоприятного для испарения и концентрирования борных растворов вплоть до выпадения из них боратов.

Природные водные растворы, имеющие относительно высокую концентрацию борных соединений, подразделяются на: 1) борные термы, формирующиеся в районах современного вулканизма из первичных перегретых хлоридно-натриевых вод; 2) бороносные минеральные воды, приобретающие борную минерализацию и широко развитые в областях недавно угасшей вулканической деятельности; 3) бороносные подземные рассолы и межкristальная рапа соляных озер, борная минерализация которых может быть связана как с унаследованностью ее от вулканогенных первоисточников, так и с повышением содержания в рассолах и в рапе озер борных соединений в результате длительного испарения вод в различных испарительных бассейнах и озерах и связанного с этим многократного уменьшения объемов воды, а затем рассола и рапы.

В настоящее время в качестве одного из основных источников борного сырья рассолы используются только в США, где эксплуатируется межкristальная рапа озера Сирлз, уникальная по составу растворенных в ней солей и содержанию бора, с целью комплексной ее переработки и извлечения из нее всех основных компонентов. Исследованиями, проводившимися в СССР, показана принципиальная возможность извлечения бора из подземных рассолов и из межкristальной рапы некоторых соляных озер при комплексной их переработке даже при относительно невысоком содержании в них бора.

Г а л о г е н н ы й тип борных месторождений и проявлений, несмотря на давно уже установленное широкое распространение разнообразных борных минералов в отложениях соляных пород некоторых соленосных бассейнов, пока промышленностью не освоено. Скопления борных минералов образуются в галогенных формациях на разных стадиях соленаккопления и в процессе диагенеза соляных пород. Однако отмечается преимущественная связь борной минерализации с горизонтами каменной соли, заключающими пласты и линзы калийно-магниевых хлоридных и сульфатных солей. Залегание бороносных пород в этих горизонтах также имеет пластово-линзообразный характер.

Разработана сравнительно несложная технология разделения боратов, калийных солей и каменной соли путем отмывки солей от боратов горячей, а затем холодной водой, наиболее эффективная при комплексном использовании боратов, калийных солей и галита.

Э л ю в и а л ь н ы й тип промысленных месторождений борного сырья образуется за счет растворения бороносных соляных пород и накопления

в остаточных труднорастворимых продуктах боратов. Наиболее благоприятные условия для образования месторождений этого типа создаются в гипсовых и глинисто-гипсовых шляпах растущих солянокупольных структур, верхние части которых омываются сравнительно мало минерализованными подземными (грунтовыми) водами, выносящими за пределы структуры легкорастворимые соли (галит, хлориды и сульфаты калия и магния) и небольшое количество боратов. От выходящих на соляное зеркало крутопадающих пластов галита, загрязненного ангидритом, доломитом и глинистым материалом, остается гипс, в который переходит ангидрит, доломит и глина, образующие основную часть гипсовой шляпы. От заключенных в толще каменной соли также крутопадающих пластов бороносных пород остаются и переходят в гипсовую шляпу в основном бораты, существенно изменяющие свой минеральный состав и образующие рудные линзообразные тела со сложными очертаниями, как бы являющиеся проекцией бороносных пластов в гипсовой шляпе. Вертикальная мощность боратовых тел изменяется от 1—2 до 15—25 м; в плане размеры этих тел изменяются от 100—200 м до 500—1000 м и более.

Основная часть боратовых тел представлена улекситом и ашаритом, в меньшем количестве — гидроборацитом, иниоитом и другими боратами. Общее содержание борных минералов в таких телах изменяется от 30 до 80—90%, гипса — до 50%, остальное приходится на кальцит, доломит и глинистый материал. Содержание B_2O_3 в богатых рудных телах колеблется от 13 до 43%, составляя в среднем 18—25%. Богатые руды в таких телах нередко окаймлены бороносными гипсами и глинами, содержащими от 1 до 13% B_2O_3 .

Из приведенных генетических типов борных месторождений в настоящее время наибольший промышленный интерес представляют вулканогенно-осадочные, контактово-метасоматические и галогенные.

По размерам рудных тел, их морфологии, условиям залегания и равномерности распределения борной минерализации месторождения борного сырья могут быть отнесены к следующим геолого-промышленным типам: 1) контактово-метасоматические, представленные крупными пластообразными и линзообразными залежами, не выдержанными по мощности, но относительно устойчивыми по содержанию боросиликатов или боратов; 2) вулканогенно-осадочные, представленные пластами и покровами, относительно выдержанными по мощности и содержанию боратов; 3) галогенные, представленные пластами и крупными линзами бороносных солей, относительно выдержанными по мощности и содержанию боратов; 4) элювиальные, представленные сложными по форме и средними по размерам линзами, не выдержанными по мощности, но относительно устойчивыми по содержанию боратов.

Эффузивно-эксгалационные месторождения в СССР промышленного значения не имеют, а месторождения бороносных рассолов и рапы могут рассматриваться в основном как комплексные месторождения минеральных вод или солей, в которых бор является попутным компонентом.

Поисковые работы. Месторождения борного сырья разных генетических типов встречаются в различной геологической обстановке, с чем связаны и различия в геологических предпосылках их выявления.

Для месторождений контактово-метасоматического типа такими предпосылками являются приуроченность их к складчатым структурам геосинклинального характера, особенно к районам, где они сопровождаются значительными тектоническими нарушениями: разломами, сбросами, взбросами, а также проявлениями магматической деятельности. Образование месторождений этого типа связано с магнезиальными или известковыми скарнами, а следовательно, с раз-

витиём в районе карбонатных пород. На возможное наличие их могут указывать контактово-метасоматические месторождения железных руд (людвигитовая минерализация), широкое развитие гранатов андрадит-гроссулярового ряда, геденбергита, волластонита, форстерита, клиногумита и магнетита.

Месторождения вулканогенно-осадочного типа обычно связаны с районами современной или сравнительно молодой вулканической деятельностью, сопровождающейся обильными газо-водными выделениями. Предпосылками для их выявления может быть повышенное содержание бора в подземных водах района, особенно наличие минерализованных вод, повышенная температура их, наличие замкнутых бессточных впадин, современных и древних озер, в которых могло происходить концентрирование боросодержащих растворов или полиатермическое выпадение борных минералов, засушливость климата.

Месторождения галогенного типа связаны с районами развития галогенных формаций, а в них — с мощными толщами каменной соли, с наличием в этих толщах калийно-магниевых хлоридных и особенно сульфатных солей.

Месторождения элювиального типа с наибольшей вероятностью приурочены к районам распространения галогенных формаций, содержащих боросодержащие соли, а внутри этих районов — с площадями и участками достаточно интенсивного растворения и выноса легкорастворимых солей и образования мощных элювиальных отложений. Такими участками могут быть зоны размыва в краевых частях соленосных бассейнов, на флексурих перегибах и в антиклинальных зонах, особенно сопровождающихся соляной тектоникой. Однако наиболее благоприятные условия, очевидно, создаются в пределах солянокупольных структур, способствующих постоянному и длительному поступлению исходного материала в виде боросодержащих солей, и образованию мощных гипсовых и гипсово-глинистых шляп.

Наиболее отчетливыми поисковыми признаками боропроявлений, кроме связанных с приведенными выше общими геологическими предпосылками, является повышенное содержание бора в породах, выходящих на поверхность или залегающих на сравнительно небольшой глубине. При этом следует учитывать и возможный вынос бора из пород в условиях земной поверхности. Другим поисковым признаком является повышенное содержание бора в водах и рассолах, — в подземных водах, источниках и рапе озер. Происхождение этих вод может быть разным, а повышенное содержание в них бора — указывает на то, что эти воды являются источником образования борных месторождений, или на то, что оно является результатом выноса бора из боросодержащих отложений. Для решения этого вопроса во всех случаях необходим тщательный гидрогеохимический анализ вод района поисков.

Месторождения борного сырья представляют большую ценность, но встречаются редко. Поэтому вопросам боросодержащих должно уделяться большое внимание еще на стадии региональных геологосъемочных и геофизических работ. В районах, где обнаружены признаки повышенной боросодержащести, обычно производится крупномасштабная геологическая съемка, одной из задач которой является оценка перспектив выявления месторождений борного сырья.

Поиски борного сырья, как правило, включают все три подстадии и начинаются с общих поисков, основным методом которых является площадное обследование перспективных районов, выявленных геологической съемкой и маршрутами, при необходимости сопровождаемыми проходкой расчисток, канав, мелких шурфов или скважин. При этом могут быть использованы геофизические и геохимические методы. Из геофизических методов, при поисках контактово-метасоматических месторождений возможно применение магнитометрии, радио-

метрических методов и сейсмометрии. Последняя вместе с гравиметрией способствует также выявлению солянокупольных структур. Используются и гидрохимические методы. В качестве одного из основных методов применяется борометрическая съемка, заключающаяся в отборе штурфов, бороздовых и керновых проб для определения содержания бора и минералого-петрографических исследований, которыми выявляются сопутствующие минеральные комплексы. Определения содержания бора производятся нейтронными методами. По скважинам проводится также нейтронный и нейтронный гамма-каротаж.

Детальные поиски осуществляются в пределах выявленных аномалий и ореолов рассеяния борных минералов. Они заключаются главным образом в сгущении сети маршрутов, горных выработок скважин, точек и интервалов опробования, с учетом геолого-структурной обстановки. Основная задача их заключается в выявлении участков с боропроявлениями, по своей концентрации представляющих практический интерес.

Подстадия поисково-оценочных работ проводится на площадях и участках перспективных проявлений интенсивной борной минерализации. Их методика существенно видоизменяется в зависимости от генетического типа боропроявлений. На проявлениях контактово-метасоматического типа выявление бороносных тел среди безрудных скарнов, их оконтуривание и изучение связи с геологическими структурами производится с поверхности расчистками, канавами, а на глубине — шурфами и скважинами. Расстояния между скважинами и выработками лимитируются главным образом экономической эффективностью геологоразведочных работ и действительной необходимостью их. На проявлениях галогенного типа, как и при поисках и разведке каменной соли и калийных солей, количество поисковых скважин, пересекающих соленосную толщу, должно строго ограничиваться, закладка каждой из них должна обосновываться, а расположение скважин должно быть достаточно редким, во избежание порчи месторождения. В этой связи резко возрастает роль геофизических и геохимических методов исследования, а также скважин картировочного бурения, с незначительным углублением их ниже соляного зеркала. С помощью этих скважин подробно изучаются не только соленосные породы, но и элювий, остающийся надсоляным зеркалом в результате растворения соли.

По результатам поисково-оценочных работ определяется промышленный тип месторождения, его контуры в плане и в разрезе, подсчитываются запасы категории C_2 и прогнозные запасы, даются рекомендации о целесообразности перехода к предварительной разведке и перспективных для дальнейшего изучения участках и площадях.

Предварительная разведка месторождений борного сырья осуществляется с помощью скважин колонкового бурения, которые в зависимости от морфологии и условий залегания бороносных тел располагаются по квадратной, прямоугольной сети или профилями вкрест их простирания. На месторождениях контактово-метасоматического типа, с бороносными телами, обнажающимися на поверхности земли или прикрытыми наносами небольшой мощности, наряду со скважинами проходятся канавы и мелкие шурфы. Там, где позволяет рельеф, используются штольни с рассечками из них. Расстояния между профилями скважин и канавами зависят от степени выдержанности борной минерализации. Поэтому они определяются путем постепенного сгущения и для категории C_1 не должны превышать 100—200 м. Расстояния между скважинами на линиях должны обеспечивать перекрытый разрез.

На месторождениях галогенного типа предварительная разведка может осуществляться главным образом скважинами с поверхности. Однако в ряде

случаев приходится ограничиваться выявлением запасов категории C_2 с тем, чтобы при положительном решении вопроса о целесообразности освоения месторождения перейти на дальнейшую разведку подземным способом, заложив для этого разведочно-эксплуатационную шахту и осуществляя разведку горными выработками и скважинами подземного бурения.

На месторождениях элювиального типа, как правило, применяются только скважины. В необводненных частях бороносных тел достоверность данных бурения контролируется шурфами, а в обводненных — скважинами большого диаметра. Расстояния между скважинами зависят от размеров бороносных тел и для категории C_1 , как правило, не должны превышать 100—150 м.

При проведении разведочных, как и поисковых, работ необходимо широко применять геофизические методы. По всем скважинам кроме площадных проводится полный комплекс каротажных исследований, включающий НГК, ГК, кавернометрию, инклинометрию.

Все горные выработки и скважины опробуются. Опробование производится бороздой и по керну, чаще всего путем его раскола. Отбираются послойные пробы, но при большой мощности слоев интервалы отбора рядовых проб не должны превышать 0,5—2 м (в зависимости от особенностей вещественного состава борных руд и степени неоднородности борной минерализации). По всем рядовым пробам определяется содержание V_2O_5 — общее, а нейтронным анализом — и кислоторастворимое. По нескольким выработкам или скважинам по рядовым пробам производится развернутый химический анализ с определением всех основных компонентов. По остальным скважинам и выработкам он делается только по объединенным пробам, состоящим из 2—5 рядовых проб. Большое место должно уделяться минералого-петрографическим исследованиям, которыми освещается полный разрез бороносных тел в разных частях месторождения, а также определению вещественного состава по достаточно большому количеству проб. На стадии предварительной разведки отбираются также пробы для лабораторно-технологических исследований. Количество и масса проб определяются организацией, проводящей технологические испытания.

По результатам предварительной разведки составляется ТЭД, в котором дается экономически обоснованный вывод о промышленном значении месторождения.

Детальная разведка месторождений борного сырья проводится на участках, намеченных для первоочередного освоения в ближайшие годы и заключается в уточнении общей оценки данной ему при предварительной разведке. При этом уточняются формы и условия залегания бороносных залежей, качество сырья, выясняются пространственные распределения природных технологических типов и сортов, горнотехнические условия и другие данные, необходимые для утверждения запасов ГКЗ СССР и составления технического проекта разработки месторождения. Для этой цели на месторождениях контактово-метасоматического типа прежде всего сгущается сеть поверхностных выработок, а затем скважин и подземных горных выработок (штолен, глубоких шурфов с рассечками). Для выявления запасов высоких категорий (А или В) проходится 2—3 штольневых горизонта через 50—75 м по падению. При выдержанной борной минерализации возможна замена части штолен или бурение из них горизонтальных скважин. Разведочные линии закладываются вкрест простирания бороносных тел, но для проверки непрерывности последних проходятся каналы и горные выработки по простиранию их, а также восстающие. Расстояния между разведочными линиями в зависимости от выдержанности минерализации на поверхности могут сгущаться до 50—25 м, а на

глубине — до 75—50 м. Достоверность бороздового опробования и оптимальное сечение борозды проверяются сопоставлением их с задириковым и валовым опробованием.

Детальная разведка месторождений галогенного типа до последнего времени не производилась и поэтому опыт ее проведения отсутствует.

Детальная разведка элювиальных месторождений осуществляется в основном скважинами колонкового бурения достаточно большого диаметра (111 или 131 мм). Выход керна должен составлять не менее 80%. Расстояния между разведочными линиями и скважинами на них для выявления запасов высоких категорий (А или В) обычно не превышают 25—50 м и должны обосновываться в зависимости от выдержанности мощности бороносных тел, их размеров и качества сырья.

Большая часть разведанных месторождений борного сырья относится ко II группе Классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых; часть их относится к I группе.

При детальной разведке, кроме проб для производства химических анализов, изучения вещественного состава сырья и лабораторных технологических испытаний, отбираются пробы для укрупненных лабораторных и полупромышленных технологических испытаний, количество и масса которых согласуются с проектными и технологическими организациями, проводящими испытания.

В процессе опробования и изучения месторождений борного сырья необходимо учитывать возможность комплексного использования сырья, включая все заключенные в нем полезные компоненты, а также хвосты обогащения и отходы производства, предусматривая для этой цели необходимые анализы и испытания.

КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ

Общие сведения о карбонатных породах и требования промышленности к их качеству. В группу карбонатных пород входят породы различного происхождения, объединяемые преобладанием в их составе минералов класса карбонатов — кальцита, доломита, магнезита и сидерита. Из большого многообразия карбонатных пород в химической промышленности широко применяются известняки и мел, в меньшей степени доломит.

Известняком называется осадочная горная порода, состоящая из кальцита (редко из арагонита и других модификаций карбоната кальция) и некоторого количества различных минеральных примесей. Химический состав чистых известняков приближается к теоретическому составу кальцита (CaCO_3), содержащего 56,04% Ca и 43,96% CO_2 . В известняках почти всегда присутствует доломит, глинистое вещество, кварц, органическое вещество и другие примеси.

Разновидность слабоцементированного тонкозернистого известняка белого цвета называется мел.

Доломит представляет собой осадочную горную породу, состоящую в основном из минерала доломита. В чистом доломите $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ содержится 30,41% CaO; 21,86% MgO и 47,73% CO_2 . В доломитах часто наблюдается избыток карбонатов кальция и, в меньшей мере, магния. В них, как и в известняках, обычно присутствует глинистое вещество, кварц и другие примеси.

Основным показателем пригодности известняков и мела для производства соды, карбида кальция, азотистых удобрений и других продуктов химической промышленности является их химический состав. Существенное значение имеет также механическая прочность пород. Так, для производства соды по техниче-

ским условиям мелоподобные известняки должны содержать не менее 95% CaCO_3 и не более 1,5% MgCO_3 , 3% SiO_2 и 1% R_2O_3 . Механическая прочность на сжатие должна быть не менее $100 \cdot 10^5$ Па, что обеспечивает возможность их обжига в шахтных печах высотой до 25 м.

Согласно ТУ 6—18—108—71, известняк месторождения Шахтау для производства кальцинированной соды должен содержать не менее 95% CaCO_3 , не более 3,5% MgO ; 0,5% SiO_2 и 1% R_2O_3 .

Известняки для производства карбида кальция согласно Временным техническим условиям, утвержденным Управлением химической и нефтеперерабатывающей промышленности, должны содержать не менее 96% CaCO_3 , не более 0,6% MgO ; 1,8% SiO_2 и 1,5% R_2O_3 . Особенно вредны примеси фосфора и серы, содержание которых допускается соответственно не более 0,012% и 0,1%. Механическая прочность известняков на сжатие должна быть не менее $150 \cdot 10^5$ Па.

Для производства азотистых удобрений (кальциевой и известково-аммиачной селитры и др.) используются известняки с содержанием CaCO_3 не менее 97%, MgO не более 0,8%, Fe_2O_3 — 1,0%, P — 0,01%, SO_3 — 0,15%.

Используемые для производства известняковой муки, применяемой для нейтрализации кислых почв, известняки, мел и доломиты, согласно ГОСТ 14050—68, должны содержать не менее 85% $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. По Межреспубликанским техническим условиям МРТУ 21—41—69 известняки и мел как сырье для минеральной подкормки скота должны содержать CaCO_3 не менее 85%. Содержание нерастворимого остатка, R_2O и MgCO_3 не должно превышать 5% каждого. Не допускается присутствие ядовитых веществ — фтора, мышьяка, свинца и бария.

Генетические и промышленные типы месторождений карбонатных пород. Основная масса карбонатных пород образовалась осадочным путем в морских бассейнах и в озерных условиях. Образование их происходило в результате химического осаждения, жизнедеятельности организмов и за счет обломочного материала.

В соответствии с этим выделяются три главных генетических типа карбонатных пород: хемогенные, органогенные и обломочные. Другие процессы в образовании карбонатных пород играют меньшую роль.

Часть месторождений доломита образовалась в результате значительного преобразования известкового ила в условиях повышенной солености морского бассейна, способствующего взаимодействию ила с содержащимися в воде солями магния. Небольшая часть доломита сформировалась эндогенным путем в результате его выпадения из гидротермальных растворов или путем обработки известняков магниезиальными гидротермами, а ультраосновных пород — растворами, богатыми CO_2 .

Таким образом, кроме указанных выше, можно выделить еще несколько генетических типов карбонатных пород: диагенетические, гидротермальные, метасоматические и др.

Несмотря на многочисленность генетических типов месторождений карбонатных пород далеко не все эти типы имеют промышленное значение. Основное практическое значение приобретают карбонатные породы морского осадочного происхождения. Значение месторождений карбонатных пород определяется морфологией и условиями их залегания, качеством сырья и степенью ее выдержанности, а также масштабом месторождения, географическим его положением и экономическими условиями. Вследствие этого промышленная классификация месторождений карбонатных пород должна строиться не на генетических принципах, а на других конкретных признаках, позволяющих установить основные

различия между месторождениями, независимо от их генетического типа.

Такими объективными признаками являются размеры, форма и условия залегания полезного ископаемого, степень выдержанности его по строению, мощности и качественным показателям. Эти критерии, определяющие также методику разведки и условия эксплуатации месторождения, позволяют разделить все месторождения карбонатных пород на два типа: 1) крупные и средние, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого; 2) крупные и средние, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого или тектонически нарушенные.

Мелкие месторождения, с запасами менее 20 млн. т самостоятельного практического значения как сырьевая база для химической промышленности не имеют. Они могут рассматриваться как дополнительная база для действующего предприятия или как самостоятельная при наличии ряда сближенных месторождений, имеющих в совокупности значительные запасы.

Поиски месторождений карбонатных пород. Выбор площадей и проектирование поисковых работ на карбонатное сырье производится в соответствии с полученным заданием по имеющимся общим геологическим предпосылкам, указывающим на возможность нахождения известняков, мела или доломитов в данной местности.

При выборе площадей и составлении проекта поисковых работ необходимо учитывать общую промышленную характеристику месторождений различных генетических типов. Химическая промышленность предъявляет к качеству карбонатных пород высокие требования. Большие производственные мощности горнохимических предприятий обуславливают необходимость вовлечения в промышленное освоение крупных месторождений. Все это приводит к необходимости тщательного обоснования возможности выявления в районе намечаемых поисковых работ карбонатного сырья требуемого качества. Наиболее надежной базой для химической промышленности могут быть крупные пластовые и пластообразные месторождения.

Поиски месторождений карбонатных пород обычно производятся на основе топографических и геологических карт масштаба 1 : 10 000—100 000 в зависимости от размера ороисковываемых площадей.

Основными методами поисков являются метод геологической съемки и маршрутно-рекогносцировочный. Существенную помощь оказывают геофизические методы. Метод геологической съемки применяется в местностях, недостаточно изученных, для которых отсутствуют геологические карты нужного масштаба, а также в районах со сложным геологическим строением.

Применяя метод геологической съемки, следует иметь в виду, что его задачей является не общее геологическое картирование, а установление выходов, условий залегания и границ распространения карбонатных толщ, оконтуривание перспективных участков и структур.

В процессе съемки местность покрывается сетью точек наблюдений. Расстояния между точками наблюдений и число их на единицу площади определяются в зависимости от конкретных условий в соответствии с инструкциями по общим и специальным геологическим съемкам. В слабо обнаженных местностях геологическая съемка сопровождается проходкой выработок, задаваемых по правильной сети, и в ряде случаев в пунктах по усмотрению геолога.

При проведении поисков в закрытых местностях целесообразно производить специальную карбонатную съемку. Карбонатная съемка основана на том, что карбонатные породы образуют в процессе выветривания ореолы рассеяния: механические CaCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и солевые $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Карбонатная съемка заключается в отборе (по правильной сети) проб грунта с глубины 0,1—0,15 м. Масса этих проб должна быть 10—15 г. Определяя содержание карбонатов в этих пробах, можно установить и оконтурить площади развития ореолов рассеяния над карбонатными породами. Определение содержания карбонатов целесообразно проводить скоростным газообъемным методом. Этот метод заключается в разложении карбонатов десятипроцентной соляной кислотой в специальном приборе, позволяющем определять количество выделившейся углекислоты. По скорости разложения карбонатов можно также судить и об их составе: известняки разлагаются через 1,5—2 мин, доломитизированные известняки и доломиты через 10—20 мин. Содержание CO_2 в пробах, взятых над карбонатными породами, в 1,5—2 раза больше, чем над другими породами.

Маршрутно-рекогносцировочный метод применяется в тех районах, для которых уже имеются геологические карты, фиксирующие распространение карбонатных пород. Поиски сводятся к пересечению района распространения карбонатных пород маршрутами с целью выявления сырья, пригодного для химической промышленности. Направление и число маршрутов определяются в зависимости от геологического строения площади поисков, рельефа и обнаженности района поисковых работ. Маршруты задаются обычно по параллельным линиям, вкрест простирания пород, по возможности на равных расстояниях (0,5—1,0 км) друг от друга. Для увязки маршрутов, пройденных вкрест простирания пород при сложном строении района поисков целесообразно пройти 2—3 маршрута по простиранию наиболее мощных толщ и свит карбонатных пород. При недостаточной обнаженности местности маршрутное обследование должно сопровождаться проходкой расчисток, закопшек, мелких шурфов и скважин.

Геофизические методы при поисках карбонатных пород применяются относительно редко несмотря на то, что имеющийся опыт применения свидетельствует об их эффективности.

Разработанные в настоящее время методы позволяют с помощью геофизических методов выявлять и прослеживать зоны распространения карбонатных пород, определять мощности вскрышных пород, мощность карбонатной толщи, ее форму и размеры, степень закарстованности и тектонической нарушенности их.

Зоны распространения карбонатных пород, участки неглубокого их залегания выявляются и оконтуриваются методом симметричного электропрофилирования (СЭП). Метод СЭП успешно может использоваться также для выявления и изучения карста.

Методом вертикального электроразведывания (ВЭЗ) достаточно надежно определяется мощность вскрышных пород, глубина залегания карбонатных толщ, а в некоторых случаях и их мощность.

Поисково-оценочные работы. Специальные поисково-оценочные работы на месторождениях карбонатных пород обычно не производятся, так как полученные при поисках материалы позволяют оценить масштаб месторождения и ориентировочно качество сырья. Это дает возможность перейти непосредственно к предварительной разведке месторождения. Лишь в редких случаях для подтверждения результатов поисковых работ в отдельных точках по усмотрению геологов проходятся отдельные выработки.

Предварительная разведка производится на месторождениях или участках, получивших положительную оценку при поисках. При сложных геологических условиях площадь участка, на которой намечается

поставить предварительную разведку, должна быть в два-три раза больше той, которая необходима для получения запасов, обеспечивающих предприятие на амортизационный срок. Это позволит выполнить задание по количеству запасов за счет участков, находящихся в наиболее благоприятных горнотехнических условиях и характеризующихся высоким качеством сырья. Методика предварительной разведки каждого месторождения разрабатывается с учетом его индивидуальных особенностей и повседневно корректируется в процессе работ в зависимости от полученных результатов. Горизонтально залегающие карбонатные породы или слабо наклоненные ($5-20^\circ$) целесообразно разведывать правильной квадратной сетью буровых скважин, плотность которой зависит от типа месторождения и его размеров. Принятая сеть выработок должна обеспечить подсчет запасов по категории C_1 . На части площади при сложном строении залежи, наличии карста и тектонических нарушений разведочную сеть необходимо сгустить вдвое.

При разведке месторождения буровыми скважинами особенно важно получение достаточно высокого выхода керна. Практически при разведке месторождений карбонатных пород выход керна в большинстве случаев дает надежную характеристику мощности и состава карбонатных пород. Однако не исключено, что даже при высоком выходе керна при бурении с промывкой имеющиеся в полезной толще прослойки песков и глин будут вымываться, вследствие чего полученный керн будет неправильно отражать строение толщи карбонатных пород в недрах. Вследствие этого необходимо при бурении с промывкой провести на стадии предварительной разведки специальные работы по установлению наличия или отсутствия избирательного истирания керна. Решается эта задача с помощью проходки сопряженных шурфов или скважин без применения промывки. При установлении значительных расхождений в определении мощности и качества карбонатных пород необходимо принять меры, обеспечивающие получение представительного керна. Если полезная толща представлена несколькими слоями различного вещественного состава, выход керна следует определять для каждого слоя отдельно, а при большой мощности слоев по интервалам 3—5 м, так как низкий выход керна по отдельным слоям или интервалам может быть обусловлен не техникой бурения, а их физическим состоянием.

При вытянутой форме залежей разведочные выработки следует располагать по профилям, ориентированным вкрест длинной оси залежи. Расстояния между профилями принимаются те же, что и при квадратной сети, а расстояния между скважинами на профилях выбираются таким образом, чтобы в каждом профиле карбонатная толща была пересечена не менее чем тремя выработками.

На месторождениях с наклонным падением слоев ($более 20^\circ$) выработки располагаются по параллельным профилям, ориентированным вкрест простирания слоев. При небольших наносах карбонатная толща вскрывается с поверхности канавами и расчистками, на глубину — скважинами колонкового бурения. При крутом падении слоев и благоприятных условиях рельефа разведку месторождения целесообразно вести штольнями.

Д е т а л ь н а я р а з в е д к а. Методика детальной разведки месторождений карбонатных пород принципиально не отличается от методики, применяемой на стадии предварительной разведки и по существу сводится к уточнению отдельных деталей, недостаточно расшифрованных на стадии предварительной разведки. Достигается это путем сгущения разведочной сети и иногда в проходке отдельных выработок, не укладываемых в принятую сеть. Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить данные, приведенные в табл. 14.

При наклонном залегании или крутом падении и большой мощности карбонатной толщи глубина, углы наклона и расстояния между выработками выбираются с таким расчетом, чтобы обеспечить пересечение всех слоев полезной толщи и получить перекрытый разрез.

При сложном рельефе дневной поверхности или кровли карбонатных отложений с целью надежного определения мощности и характера вскрышных пород необходимо дополнительно к ранее пройденным выработкам пройти вскрышные выработки. Сеть этих выработок выбирается исходя из степени изменчивости мощности вскрышных пород и обычно составляет 50×50 м, а иногда и

Таблица 14

Ориентировочные расстояния между разведочными выработками, применяемые при разведке месторождений карбонатных пород

Типы месторождений	Расстояния между выработками (в м) для категорий		
	А	В	С ₁
Крупные, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	100—200	200—400	400—600
Средние, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	50—100	100—200	200—400
Крупные, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	—	100—150	150—300
Средние, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	—	50—100	100—200

25×25 м. При наличии на месторождении поверхностного карста следует на отдельных карстовых проявлениях пройти специальные выработки для установления характера карстовых заполнений.

При детальной разведке месторождений типа отторженцев особое внимание следует уделять изучению их формы. Для установления границ тела полезного ископаемого целесообразно расстояния между выработками в периферической части отторженцев уменьшать в 2—3 раза по сравнению с применяемой для разведки их центральных частей.

Куполообразные биогермы разведуются по радиальным профилям.

Документация. Все имеющиеся на месторождении разведочные и эксплуатационные выработки, а также естественные и искусственные обнажения подвергаются документации. При этом слоистые толщи карбонатных пород разделяются на фациально-литологические или текстурные разновидности. Для каждой разновидности или слоя по макроскопическим признакам описывается цвет, излом, твердость, пористость, степень спементированности, минеральный состав, структура, тип цемента, текстура. Кроме того, отмечается наличие органических остатков и степень их сохранности, изменения карбонатных пород в зонах их контактов с изверженными породами, наличие окремнения, вторичной кальцитизации и доломитизации, включений и каверн, зон дезинтегрированных пород, тектонических нарушений и дробления, а также трещиноватость, форма и размеры отдельностей, характер и интенсивность выветривания, карстопроявления.

При полевом изучении большие трудности обычно представляют разделение известняков и доломитов. Простейшей диагностической реакцией, как уже

было сказано выше, является реакция с соляной кислотой. Помимо нее в поле могут быть выполнены и более сложные, но и более точные реакции Ламберга, Тихомирова, Хиндена, Войслова и др.

Выявлению текстурных особенностей карбонатных пород, часто незаметных в сухих образцах, способствует смачивание их водой. Детали строения мергелистых и мелоподобных известняков выступают при этом более отчетливо. Аналогичные результаты может дать и шлифовка поверхности этих пород ножом непосредственно в обнажении. Наличие скрытой, незаметной на глаз трещиноватости обнаруживается обычно ударом молотка, от которого образец легко распадается на куски.

Документация производится по типовым формам, утвержденным Министерством геологии СССР.

Качество первичной документации и ее соответствие натуре должно быть проконтролировано специально образованной комиссией в соответствии с порядком, установленным Министерством геологии СССР.

Опробование. Для химических анализов отбор проб производится из каждой вскрывшей полезное ископаемое выработки или обнажения послойно или секциями длиной 1—4 м в зависимости от выдержанности качества карбонатных пород. В стадию детальной разведки на месторождениях, особенно эксплуатирующихся, где строение и состав полезной толщи уже в достаточной степени известны, размер секций следует увеличить до 10—15 м, но не более проектной высоты уступа карьера. Опробование горных выработок и обнажений проводится обычно бороздой, сечением 5×2 — 10×5 см, скважин — по керну, который раскалывается или распиливается для этого пополам. Прослой пустых пород, селективная отработка которых невозможна или нецелесообразна, включаются в пробу.

Обработка и сокращение проб производится по обычной схеме, составленной в соответствии с формулой $Q = Kd^2$, причем величина K принимается равной 0,05 при однородном качестве и 0,1 при неоднородном качестве карбонатных пород или при содержании в них вредных компонентов, близком к предельному по техническим условиям. Конечная масса проб должна быть 100—200 г.

Для определения физико-механических свойств карбонатных пород пробы отбираются от каждой их разновидности в двух-трех пересечениях в виде штуфов размером $20 \times 20 \times 20$ см или в виде керна, общей длиной 0,8—1,0 м, из которого можно изготовить необходимое количество образцов для испытаний.

Анализы и испытания. Послойные или секционные пробы карбонатных пород, отобранные при поисках и предварительной разведке, должны быть подвергнуты полным химическим анализам с обязательным определением CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, P, S, TiO₂, соединений марганца, хрома, мышьяка, Na₂O, K₂O. При детальной разведке нет необходимости подвергать все пробы полным химическим анализам. По всем пробам определяются лишь основные компоненты: в известняках и меле CaO, MgO, SiO₂, P, S и K₂O, в доломитах — MgO, CaO, SiO₂, R₂O и п. п. п.

Остальные компоненты находятся из части выработок, расположенных по редкой сети равномерно по всему месторождению.

Весьма важно изучить минеральные формы вредных примесей в составе каждой гранулометрической фракции карбонатных пород. Необходимо выяснить, какими минералами представлен кремнезем (кварцем, опалом или халцедоном), сера (пиритом или гипсом), где находятся вредные примеси (в цементе, глинистых заполнениях трещин, карсте, в жильных образованиях) и т. д.

Достоверность анализов должна быть подтверждена внутренним и внешним контролем.

Пригодность карбонатных пород для химической промышленности, помимо химического состава, определяется их прочностью. Поэтому все отобранные штучные пробы должны быть подвергнуты испытаниям на определение временного сопротивления сжатию.

С целью комплексной оценки сырья, кроме того, необходимо определить объемную массу, пористость, водопоглощение, морозостойкость.

Технологические испытания карбонатных пород, предназначенных для использования в химической промышленности, вначале производятся на лабораторных пробах, масса которых находится в пределах 100—300 кг. Пробы отбираются от каждой разновидности, имеющей практическое значение, в количестве одной-двух и больше в зависимости от выдержанности химического состава и физико-механических свойств пород. По результатам лабораторных испытаний на представительных пробах определяется возможность и принципиальная схема переработки карбонатных пород разведваемого месторождения.

При высоком качестве сырья обычно бывает достаточно лабораторных испытаний для разработки промышленной схемы переработки карбонатных пород в продукцию требуемой номенклатуры.

В ряде случаев для уточнения технологических показателей необходимо проведение технологических исследований в полупромышленных или промышленных условиях. Обычно такие исследования проводятся по требованию проектирующей организации или действующего завода. Для проведения полупромышленных или промышленных испытаний отбираются одна-две пробы, характеризующие среднее качество товарного сырья, которое будет поступать на химический завод. Масса проб согласовывается с институтом или заводом, который будет производить испытания.

Если сырье в естественном виде не отвечает требованиям промышленности, производятся опыты по их обогащению. Обычно в результате обогащения может быть достигнуто значительное снижение содержания нерастворимого остатка и связанных с ним вредных примесей, находящихся в виде прослоев и гнезд среди карбонатных пород.

Сложное обогащение для отдельных вредных примесей, заключенных в самой структуре карбонатных пород, обычно не применяется из-за экономической нецелесообразности.

Объемная масса карбонатных пород определяется путем выемки целиков, размеры которых зависят от степени их трещиноватости и пористости и обычно составляют 1—3 м³. В случае большой мощности вскрышных пород, когда разведка месторождения производится исключительно буровыми скважинами, объемная масса определяется по керну в лабораторных условиях на 6—10 образцах. Поскольку при этом трещиноватость и пористость практически не учитываются, целесообразно пройти одну скважину большого диаметра (200 мм и более) для контроля определения объемной массы по керну обычного диаметра.

При наличии на месторождении слоев различного литологического состава, зон или участков различной степени трещиноватости и дробления объемная масса должна определяться для каждой разновидности пород. Одновременно с нахождением объемной массы необходимо установить влажность пород, при которой определялась объемная масса.

Комплексность изучения карбонатных пород. Карбонатные породы используются во многих отраслях народного хозяйства: в черной металлургии в качестве флюсов и для производства огнеупоров, в производстве цемента и строительной извести, для производства строительного щебня, облицовочных блоков и плит, в сахарной, резиновой и других отраслях народного хозяйства. Однако химическая промышленность предъявляет к карбонатным породам наиболее высокие требования по чистоте химического состава. Такие породы в природе встречаются редко. Вследствие этого при разведке карбонатных пород, пригодных для химической промышленности, оценивать их как возможное сырье для других отраслей народного хозяйства не имеет смысла. Лишь при больших масштабах месторождений, запасы карбонатных пород на которых значительно превышают требуемые для химической промышленности целесообразно проведение работ для установления возможности использования их в качестве флюсового и огнеупорного сырья, особенно для производства смоло-доломитовых огнеупоров.

В тех случаях, когда в результате разведочных работ устанавливается несоответствие качества карбонатных пород требованиям химической промышленности, необходимо произвести работы по установлению возможности их использования в других отраслях производства.

ПЛАВИКОВЫЙ ШПАТ (ФЛЮОРИТ)

Общие сведения о плавленом шпате и требования промышленности к его качеству. Плавленый шпат, или флюорит, — минерал из класса галогенидов. Теоретический состав его отвечает формуле CaF_2 , что соответствует содержанию 51,33% кальция и 48,67% фтора.

Химически чистый плавленый шпат встречается редко. Обычно в нем присутствуют в малых количествах редкие земли (эрбий, самарий, гадолиний, церий и европий), уран, галлий, бериллий и другие редкие элементы, а также органические вещества.

Плавленый шпат, в котором часть кальция замещена иттрием, выделяется как его разновидность в виде иттрофлюорита. В иттрофлюорите в твердом растворе содержится до 50% JF_3 . При замещении кальция церием минерал носит название церофлюорита, содержание CeF_2 в котором достигает 58%.

Флюорит кристаллизуется в кубической сингонии. Обычная форма кристаллов — куб или октаэдр, иногда ромбический додекаэдр. Двойниковые индивиды обычно взаимопрорастающие. В природе плавленый шпат большей частью встречается в виде грубо- или тонкозернистых масс, столбчатых, волокнистых или сферических агрегатов. Тонкозернистый или землистый плавленый шпат, приуроченный к осадочным породам, носит название ратовкита. Спайность флюорита совершенная по октаэдру; у иттрофлюорита спайность несовершенная. Излом раковистый, блеск стеклянный. Твердость 4 (у иттрофлюорита до 4,5). Плотность 3,18 (до 3,55 у иттрофлюорита). Плавится он при температуре 1360° , окрашивая пламя в красный цвет. В воде практически не растворяется, полностью разлагается в крепкой серной кислоте с выделением плавленой кислоты (HF). Азотная и соляная кислоты действуют на него слабо.

Флюорит — минерал оптически изотропный с ясным отрицательным рельефом, часто имеет аномальное двупреломление.

Химически чистый плавленый шпат бесцветен. В природных условиях флюорит обычно окрашен в фиолетовый, зеленый, розовато-желтый и молочно-белый цвет различных оттенков и интенсивности в зависимости от состава

и количества примесей. Присутствие европия, например, обуславливает синюю окраску флюорита, а самария придает ему зеленоватый цвет.

Иттрофлюорит имеет неравномерную окраску фиолетовых, желтых или синих тонов. Окраска флюорита также зависит от присутствия небольших количеств окислов железа и марганца или от диспергированных включений кальция, фтора или углеводородов.

Цвет плавикового шпата может изменяться от нагревания и давления, а также от действия катодных, рентгеновых, ультрафиолетовых лучей и радиоизлучения.

Некоторые разновидности плавикового шпата люминесцируют при слабом нагревании, а также на солнечном свете или в ультрафиолетовых лучах. В катодных лучах флюорит светится фиолетовым цветом с синевато-зеленым оттенком. Плавиковый шпат, который при нагревании флюоресцирует зеленым светом, носит название хлорофана или пиросмарагда.

Бесцветные, совершенно прозрачные кристаллы плавикового шпата называют оптическим флюоритом. Бездефектные кристаллы оптического флюорита, не содержащие газовых включений, трещин и других механических повреждений, встречаются крайне редко и имеют обычно небольшие размеры, но в исключительных случаях достигают по грани куба 30 см.

В природе флюорит обычно встречается в ассоциации с кварцем, халцедоном, адуляром, кальцитом, баритом, пиритом, сидеритом, галенитом, сфалеритом, стибнитом и киноварью. В зависимости от количественного сочетания плавикового шпата с указанными минералами все плавиковошпатовые руды разделяются на две основные группы: собственно плавиковошпатовые и комплексные. К собственно плавиковошпатовым относятся руды с содержанием фтористого кальция не менее 30%. По минеральному составу они разделяются на: кварц-флюоритовые, карбонатно-флюоритовые, силикатно-флюоритовые, барит-флюоритовые и топаз-флюоритовые.

Кварц-флюоритовые руды состоят в основном из флюорита и кварца или в меньшей мере халцедона; другие минералы (кальцит, барит, сульфиды) содержатся обычно в небольших количествах или отсутствуют. В рудах некоторых месторождений встречаются минералы сурьмы и ртути. Содержания фтористого кальция в кварц-флюоритовых рудах изменяются в широких пределах и в среднем по месторождениям находится на уровне 30—70%. На отдельных участках руды могут иметь почти мономинеральный флюоритовый состав, местами содержание фтористого кальция может снижаться до 10—15%. К этому типу относятся некоторые месторождения Восточного Забайкалья, Южного Казахстана и Узбекской ССР.

Карбонатно-флюоритовые руды содержат кроме флюорита в значительном количестве кальцит (до 30%); кварц присутствует в небольших количествах. Содержание сульфидов (галенита и сфалерита) иногда достигает промышленного значения; нередко в значительных количествах присутствует барит. Содержание фтористого кальция находится в широких пределах и в среднем по месторождениям находится на уровне 30—65%. Руды этого типа развиты на Покрово-Киреевском месторождении на Украине.

Силикатно-флюоритовые руды разделяются на слюди-сто-флюоритовые и полевошпат-флюоритовые.

Слюдисто-флюоритовые руды кроме плавикового шпата содержат слюду (лепидолит, протолитионит, мусковит — до 30—40%), иногда они ассоциируют с редкоземельными элементами. В рудах некоторых месторождений отмечается повышенное содержание карбонатов, что ухудшает их качество. Содержание

фтористого кальция на отдельных месторождениях изменяется в пределах 30—50 %.

Полевощпат-флюоритовые руды содержат полевой шпат и продукты его разрушения, количество кальция достигает первых десятков процентов. Содержание фтористого кальция изменяется в пределах 50—65 %. Руды этой разновидности характерны для Покрово-Киреевского месторождения на Украине.

Барит-флюоритовые руды состоят в основном из барита; содержат также кварц и кальцит и в виде примесей сульфиды свинца, цинка и меди, иногда в количествах, представляющих промышленный интерес.

Таблица 15

Разновидности и марки плавикового шпата

Разновидности	Марки
Флюорит рядовой (руда) — ФР	ФР-55, ФР-40, ФР-30 и ФР-20
Флюорит кусковой сортированный — ФК	ФК-95А, ФК-95Б, ФК-92, ФК-85, ФК-75 и ФК-65
Флюорит-концентрат гравитационный — ФГ	ФГ-95А, ФГ-95Б, ФГ-92, ФГ-85, ФГ-75, ФГМ-75 и ФГ-65
Флюорит-концентрат флотационный — ФФ	ФФ-97А, ФФ-97Б, ФФ-95А, ФФ-95Б и ФФ-92
Флюорит окатыши обожженные — ФО	ФО-95А, ФО-95Б, ФО-92 и ФО-85

Содержание фтористого кальция в барит-флюоритовых рудах изменяется в широких пределах и в среднем по месторождениям находится на уровне 25—55 %. Руды этого типа развиты на Моговском месторождении, встречаются в восточной части месторождения Наугарзан (Таджикистан), на Бадамском месторождении в Южном Казахстане.

Топаз-флюоритовые руды кроме флюорита содержат топаз, и в значительных количествах — кальцит. На некоторых месторождениях отмечается повышенное содержание касситерита, иногда достигающее концентраций, представляющих промышленный интерес.

Среднее содержание фтористого кальция изменяется в широких пределах и в среднем по месторождениям находится на уровне 30—45 %. Руды этого типа встречаются в Приморье и в Казахстане.

Комплексные руды содержат фтористого кальция до 30%; извлечение из них флюорита целесообразно лишь попутно при разработке месторождений на другие полезные компоненты.

По вещественному составу комплексные руды разделяются на флюорит-бериллиевые, флюорит-оловянные, ртутно-сурьмяно-флюоритовые, флюорит-железородные и флюорит-оловянно-вольфрамовые. Возможно и другое сочетание полезных компонентов в флюоритсодержащих рудах комплексных месторождений. Содержание флюорита в комплексных рудах колеблется в весьма широких пределах и иногда изменяется от 5—6 до 30 %.

Требования к качеству плавикового шпата (флюорита), предназначенного для использования в химической промышленности, регламентируются ГОСТ 7618—70. Согласно ГОСТ 7618—70, плавиковый шпат в зависимости от технологии производства, физико-механических свойств, содержания CaF_2 и примесей разделяется на следующие виды и марки (табл. 15).

В химической промышленности используется товарный плавиковый шпат различных марок. Для производства плавиковой кислоты применяется плавиковый шпат марок ФФ-97А, ФФ-95А и ФФ-92, причем в плавиковом шпате

марки ФФ-92 допускается увеличение углекислого кальция до 4% при одновременном снижении содержания двуокиси кремния до 2,5%. Для производства безводного фтористого водорода используется плавиковый шпат марок ФФ-97А и ФФ-95А, для приготовления фтористых солей высокой чистоты — марки ФФ-97Б, а для фтористых солей, используемых в алюминиевой промышленности, — плавиковый шпат марок ФФ-95А, ФФ-95Б и ФФ-92, причем в последнем допускается увеличение углекислого кальция до 4%, при одновременном снижении содержания двуокиси кремния до 2,5%.

Таблица 16

Требования к плавиковошпатовым концентратам,
используемым в химической промышленности

Марки	Содержание фтористого кальция (в %), не менее	Содержание примесей в (%), не более			
		двуокиси кремния	углекислого кальция	серы сульфидной	фосфора
ФФ-97А	97	1,0	1,5	0,1	0,1
ФФ-97Б	97	1,5	1,5	0,1	0,1
ФФ-95А	95	1,5	2,0	0,2	0,1
ФФ-95Б	95	2,5	3,5	0,2	—
ФФ-92	92	3,0	3,0	0,2	—

Химический состав плавикового шпата, используемого химической промышленностью, должен соответствовать следующим требованиям (табл. 16).

Плавиковошпатовые руды и концентраты остальных марок могут быть использованы в других отраслях промышленности.

Генетические типы месторождений плавикового шпата и их промышленное значение. Условия образования плавикового шпата отличаются большим разнообразием. Он присутствует в магматических породах, в пегматитах, в пневматолитах и в гидротермальных образованиях от гипо- до эндотермальных. Плавиковый шпат встречается также в морских осадках (ратовкит). Известны осадочные месторождения самородной серы, в рудах которых присутствует в небольших количествах флюорит.

В последнее десятилетие во многих странах мира (СССР, США, Индия и др.) обнаружены месторождения флюорита, относящиеся к новым генетическим типам (грейзеновые, карбонатитовые, скарновые, полиформационные и др.).

Плавиковый шпат является полигенетическим минералом, кристаллизация которого происходит при самых разных температурах. Он образовывался на различных стадиях магматического процесса, начиная от пегматитовых стадий, сопровождающихся образованием сурьмяных и ртутных руд; отложения фтористого кальция (ратовкита) связаны даже с холодными растворами. Столь большой диапазон кристаллизации плавикового шпата обусловил до некоторой степени разнообразие плавиковошпатовой минерализации и минеральных ассоциаций.

По минеральным парагенезисам флюорита, условиям их образования и размещения выделяются различные флюоритоносные формации. Г. Н. Комаровой выделено восемь формаций: флюорит-слюдисто-бериллиевая, флюорит-бертрандитовая, флюорит-карбонатная, флюорит-магнетит-гематит-бастнезитовая, флюорит-киноварь-антимонитовая, флюорит-галенит-сфалерит-халькопиритовая

(флюорит-полиметаллическая), флюорит-кварцевая, флюорит-полевошпатовая. Ведущее промышленное значение имеют флюорит-слюдистая, флюорит-полиметаллическая и флюорит-кварцевая формации.

Среди разнообразных месторождений плавикового шпата по морфологическим признакам можно выделить пять промышленных типов.

1. Жилы и линзообразные тела с единичными апофизами и субпараллельными жилами. Жильные месторождения приурочены к зонам крупных региональных разломов и сопряженным с ними тектонически ослабленным зонам. Жильные тела характеризуются обычно правильной формой с более или менее выдержанной мощностью. Они прослеживаются на значительные расстояния по простиранию и на глубину. Формы жил и их размеры обусловлены размерами трещин, которые они выполняют, последующими пострудными нарушениями и характером вмещающих пород.

Протяженность жил этого типа по простиранию превышает 700 м, по падению достигает 200 м и более. Мощность жил изменяется от 0,5 м в пережимах до 10 м в раздувах. Содержание фтористого кальция, как правило, высокое и по отдельным месторождениям колеблется от 40 до 75%. На отдельных участках жилы имеют почти мономинеральный состав, на других содержание фтористого кальция снижается до 30—15% и менее. Текстуры руд даже в пределах одного месторождения весьма разнообразны: массивные, кокардовые, брекчиевые, полосчатые, прожилково-вкрапленные, что обусловлено образованием флюорита в несколько стадий, число которых иногда достигает 5—7.

В месторождениях этого типа руды имеют различный состав, но преобладают кварц-флюоритовые и сульфидно-флюоритовые, легко поддающиеся обогащению. Карбонатно-флюоритовые и барит-флюоритовые руды имеют подчиненное значение. Для обогащения руд рассматриваемого типа применяется ручная рудоразборка, отсадка и разделение в тяжелых жидкостях с целью получения металлургических сортов плавикового шпата. Однако основная часть руд обогащается флотацией с получением химических сортов флюорита. Кроме флюорита в рудах некоторых месторождений содержатся в промышленных концентрациях галенит, сфалерит, барит, серебро и другие компоненты, которые при разработке месторождения попутно извлекаются из руд.

Содержание в руде вредных примесей колеблется в значительных пределах: кальцита до 20%, глинистого материала до 30%, окислов железа до 1,5%, серы до нескольких процентов, фосфора до 1,5%. При флотации часть вредных компонентов переходит в плавиковошпатовые концентраты, ухудшая их качество.

Запасы месторождений этого типа обычно превышают 1 млн. т руды, достигая иногда 6 млн. т.

2. Сложные жилы и линзообразные тела с апофизами и ответвлениями. Они обычно приурочены к крупным разломам и оперяющим их трещинам. Жильные тела характеризуются сложной формой с наличием пережимов, раздувов, апофиз, ответвлений и сопровождаются зонами брекчированных пород. Месторождения этого типа характеризуются меньшей протяженностью жил (длина их не превышает 700 м по простиранию и 100 м по падению). Мощность жил изменяется в весьма значительных пределах — от 0,2 м в пережимах до 45 м в раздувах. Содержание фтористого кальция высокое (35—70%).

Руды имеют различный минеральный состав, но преобладают кварц-флюоритовые. Запасы месторождений этого типа небольшие: от нескольких сотен тысяч тонн до 1 млн. т. Удельный вес месторождений этого типа в добыче невелик (около 32%). В нашей стране основная часть добычи плавикового шпата обеспечивается за счет разработки жильных месторождений.

3. Трубообразные, линзообразные, столбообразные крутопадающие тела и седловидные залежи и пологозалегающие тела, связанные с межпластовыми и межформационными брекчиями и нарушениями.

К этому типу относятся месторождения плавикового шпата, образовавшиеся главным образом в карбонатных породах, иногда в скарнах в результате метасоматического замещения кальцита флюоритом или выполнения последним мелких трещин и пустот в карбонатных породах. В отдельных случаях флюоритовые тела образуются в результате замещения грейзенизированных гранитов в их апикальных частях.

Месторождения этого типа иногда располагаются непосредственно на контакте интрузивов с карбонатными породами, чаще — удалены от интрузий на значительные расстояния. Протяженность рудных тел изменяется от 60 до 350 м, ширина их в плане достигает 200—250 м, глубина оруденения прослеживается до 350 м от поверхности. Содержание фтористого кальция находится в пределах 30—60%. Руды представлены большей частью кварц-флюоритовыми и кальцит-флюоритовыми разностями; широко распространены также силикатно-флюоритовые руды. С флюоритом ассоциируют сульфиды свинца и цинка, топаз, турмалин, кварц, барит, некоторые редкометалльные минералы. Месторождения характеризуются крупными масштабами — запасы их достигают 20—30 млн. т руды, но чаще всего составляют 2—10 млн. т.

4. Карманы, гнезда и линзы, быстро выклинивающиеся рудные зоны. Протяженность тел этого типа небольшая — от нескольких до 30—60 м, глубина оруденения до 50 м. Запасы их составляют несколько сотен тысяч тонн. Месторождения этого типа в настоящее время промышленного значения не имеют.

5. Пластообразные пологопадающие залежи сложной формы. Месторождения этого типа относятся к метасоматическим и связаны с карбонатными породами. Приурочены они к определенным горизонтам известняков, характеризующимся благоприятными для локализации плавиковошпатовых руд условиями: наличием мелкой трещиноватости и экрана (глинистых сланцев и др.) висячем боку залежи. Размеры месторождений этого типа довольно разнообразны: длина тел по простиранию изменяется от 20 до 450 м, ширина от 15 до 60 м, мощность от 0,9 до 4,5 м. Запасы руд довольно большие — 2—6 млн. т. Руды разнообразны по составу: кварц-флюоритовые, кальцит-флюоритовые, барит-флюоритовые. Руды обычно высокого качества, содержание в них фтористого кальция колеблется в пределах 60—90%, лишь на некоторых месторождениях снижаясь до 30—50%. Помимо флюорита в рудах содержатся галенит (иногда до 12—14%), сфалерит (3—5%), марказит, кварц, кальцит и барит.

Месторождения этого типа играют существенную роль в запасах США, известны они и в Африке.

Поисковые работы. Широкий диапазон условий образования плавикового шпата затрудняет выбор площадей для постановки поисковых работ, вследствие чего первоначально следует охватить возможно большую площадь. При этом необходимо выбирать площади интенсивного развития интрузивных пород, прежде всего субщелочных гранитоидов.

Большинство месторождений плавикового шпата приурочено к разрывным тектоническим нарушениям сбросового типа. Это свидетельствует о том, что при анализе геологических карт и других фондовых материалов особое внимание следует обращать на характер развития интрузивных пород, их контакты с осадочно-метаморфическими толщами, приконтактные изменения, наличие или отсутствие благоприятных структур.

При изучении фондовых материалов следует обращать внимание на наличие в районе месторождений свинца, цинка, сурьмы, ртути, олова, мезо- и эпitherмальных образований, так как районы их развития являются перспективными на плавиковый шпат.

Богатый материал по тектонике района содержат геофизические работы. Анализ этих работ позволяет установить наличие или отсутствие дизъюнктивных нарушений, с которыми часто связано плавиковошпатовое оруденение.

При выявлении перспективных районов для поисков месторождений плавикового шпата могут быть использованы гидрохимические карты насыщения подземных вод фтором, однако следует иметь в виду, что на таких картах аномальные концентрации фтора могут быть обусловлены различными причинами, иногда не связанными с наличием плавикового шпата.

Изложенные выше особенности образования флюоритовых месторождений позволяют наметить следующие благоприятные предпосылки для их поисков:

1. Проявление в районе магматической деятельности и связанных с ней гидротермальных процессов; благоприятным для нахождения месторождений плавикового шпата является развитие субщелочных интрузий гранитоидов, гипабиссальных или близповерхностных.

2. Тектоническая нарушенность пород: развитие тектонических разломов, сбросо-сдвигов и прочих нарушений со следами оплавления.

3. Наличие куполообразных структур в карбонатных толщах, в которых наиболее часто развиваются метасоматические залежи плавикового шпата.

4. Проявления баритовой, свинцово-цинковой, сурьмяной, сурьмяно-ртутной, оловянной минерализации.

Прямые поисковыми признаками плавиковошпатового оруденения являются: коренные выходы рудных тел и обломки пород, содержащих флюорит, зоны гидротермально измененных пород, ореолы вторичного рассеяния фтора в делювии, высыпки брекчированных и измененных пород из нор животных.

К косвенным признакам следует отнести геофизические линейно вытянутые аномалии, гидрохимические аномалии фтора, повышенные концентрации фтора в растениях.

Задачи и методы проведения поисковых работ на плавиковый шпат обуславливаются степенью освещенности изучаемого объекта до начала постановки поисковых работ, а последние, кроме того, типом месторождения, нахождение которого возможно в данном регионе.

Общие поиски проводятся в пределах крупных геологических структур, перспективных для нахождения месторождений плавикового шпата. Назначение общих поисков — выявить проявления плавикового шпата и установить ориентировочные границы их распространения. Поисковые методы, применяемые для решения этой задачи, различны и зависят от природных условий района поисков и предполагаемых типов плавиковошпатовых проявлений и месторождений. Общие поиски проводятся на основе геологической карты масштаба 1 : 50 000 или 1 : 25 000 с широким применением геофизических методов.

Поиски указанных масштабов включают в себя маршрутное исхаживание местности, геохимическое опробование, геофизические исследования, проходку мелких горных выработок. Поисковые работы должны проводиться на геологических картах соответствующего масштаба. Перед выходом в поле на геологическую карту наносит все точки, в которых предыдущими работами был встречен плавиковый шпат, тектонические нарушения, брекчированные участки и жильные проявления.

В полевых условиях работы следует начинать с предварительных исследований. В первую очередь необходимо отобрать образцы из обнажающихся на поверхности гранитоидных интрузивов для определения их петрографического состава.

Важно уже в самом начале установить петрографический состав интрузии, ее однородность или неоднородность. Для этого петрографическое изучение производится непосредственно в поле, путем микроскопического и химического анализов. Если в пределах изучаемой площади имеются ранее установленные рудные точки и рудопроявления, необходимо также изучить минеральный состав рудных тел и попытаться хотя бы приближенно определить их генезис. При известном местоположении дизъюнктивных нарушений необходимо изучить их характер и преобладающее направление простираения на исследуемой площади.

Проанализировав и сопоставив все материалы, собранные при камеральной подготовке и при предварительных работах в поле, намечаются участки для первоочередного изучения. Естественно, что эти участки должны размещаться прежде всего в районах развития интрузивов гранитных пород субщелочного типа и дизъюнктивных нарушений.

Геологические наблюдения в пределах выбранных участков проводятся с помощью маршрутов. Маршруты, как правило, располагаются вкрест простираения пород и дизъюнктивных нарушений, однако следует иметь в виду, что проявления плавикового шпата не всегда приурочены к господствующим разрывным нарушениям. Известны случаи размещения месторождений вокруг гранитных массивов, с которыми они генетически связаны. В этих случаях проявления плавикового шпата образуют как бы ореол вокруг кристаллических пород. Это обстоятельство следует учитывать при выборе метода и направления поисков вокруг заведомо плавиковоносного массива.

Расстояния между линиями маршрутов и точек наблюдения на этих линиях при маршрутном искаживании зависят от типа плавиковошпатовой минерализации и характерных для каждого типа размеров залежей. Они обычно колеблются от 0,5 до 1 км между линиями маршрутов и от 50 до 100 м между точками на линиях.

Основным принципом при выборе расстояний между маршрутами и точками наблюдений на линиях маршрутов является исключение возможности пропуска относительно крупных залежей, представляющих практический интерес.

Во всех точках наблюдения изучаются и картируются вскрытые породы. При небольшой мощности наносов в случае необходимости проходятся закопашки, канавы, шпуры и мелкие шурфы. Рудопроявления, выявленные вблизи дневной поверхности, обязательно вскрываются канавами или расчистками и подвергаются опробованию.

Попутно с геологическим исследованием местности должна производиться фторометрическая съемка.

Способность накопления фтора растениями позволяет применять в некоторых районах биохимические методы поисков.

Выявлению фтористых соединений кальция в отдельных случаях способствует шлиховая съемка территории поисков. Пробы в этом случае берутся из четвертичных отложений рек, ключей, балок и логов, через интервалы 0,5—1,0 км. Масса пробы должна быть такой, чтобы получилось примерно по 0,5 кг серого и черного шлиха. Шлихи после просмотра под биноклем исследуются методом люминесцентного или качественного анализа.

Наиболее простым, очень эффективным и удобным в полевых условиях является метод термолюминесцентного анализа.

Галечно-обломочная съемка ввиду большой хрупкости плавикового шпата при его поисках имеет ограниченное применение, так как при переносе на сравнительно дальние расстояния флюорит разрушается. Вследствие этого таким методом можно обнаружить лишь близко расположенные от места находки обломки с флюоритом (не более 2—2,5 км).

Большую помощь в выявлении рудных тел может оказать эманационная съемка в комплексе с другими геофизическими методами (магнитометрия, электроразведка, металлометрия). В результате общих поисков устанавливаются проявления плавиковошпатовой минерализации в опоскованном районе и намечаются наиболее перспективные участки для постановки детальных поисковых работ.

Детальные поиски. В их задачу входит геологическое обследование района благоприятных геологических структур и выявление месторождений плавикового шпата.

Масштаб детальных поисковых работ выбирается в зависимости от ожидаемого типа месторождений и размеров площади поисков, так как заданная сеть маршрутов должна гарантировать выявление всех крупных рудопроявлений. Для поисков большинства месторождений плавикового шпата наиболее рациональным является масштаб 1 : 10 000, так как работами в масштабе 1 : 25 000 не всегда удается в достаточной мере исследовать с необходимой детальностью строение перспективных участков.

Процесс детальных геологопоисковых работ включает в себя практически те же виды работ, что и общие поиски: маршрутное обследование, геохимическое опробование, геофизические исследования, но в значительно большем объеме применяются горные выработки, что связано с необходимостью получения недостающих точек наблюдения.

На стадии детальных поисков роль визуальных наблюдений особенно велика в районах активной эрозионной деятельности с резко расчлененным рельефом. В хорошо обнаженных районах нередко удается сразу же обнаружить плавиковошпатовые тела или минерализованные зоны, обнажающиеся на крутых обрывистых склонах. Поисковые маршруты проводятся на инструментально разбитой сети, плотность которой в зависимости от характера оруденения и вида исследования может быть различной. Обычно при детальных поисках принимается сеть точек наблюдений 100×100 — 100×40 м, а для геохимического опробования 100×20 — 100×10 м. В наиболее благоприятных участках с явным наличием полезного ископаемого сеть наблюдений сгущается, вплоть до непрерывного прослеживания гидротермально измененных пород и выявленных минерализованных зон.

Во время поисков широко используются геоморфологические, структурные, минералогические и другие поисковые критерии и ведутся наблюдения за составом обломков в рыхлых делювиальных и аллювиальных отложениях. Работами А. В. Коплуса установлено, что повышенная концентрация плавикового шпата находится в пределах определенных высотных интервалов современного рельефа. Это позволяет использовать установленную закономерность как один из дополнительных критериев поисков месторождений плавикового шпата.

Для выявления и прослеживания по простиранию минерализованных тектонических зон на стадии детальных поисков целесообразно применять электропрофилирование и микромагнитную съемку, что увеличит детальность работ

и уменьшит затраты на проходку горных выработок, особенно на площадях, перекрытых мощными наносами.

Для успешных поисков на этой стадии должны использоваться и другие геофизические методы, изложенные выше при описании метода предварительных поисков.

Геофизические методы исследования должны проводиться на геологической основе масштаба 1 : 10 000—1 : 5000.

Выявленные на стадии детальных поисков плавиковошпатовые тела, минерализованные зоны брекчий и зоны измененных пород вскрываются поверхностными горными выработками, а при большой мощности наносов мелкими скважинами. Вскрытие тел и зон обычно производится через интервал 50—100 м по их простиранию. Аналогично проводится расшифровка и проверка геофизических аномалий и ореолов повышенных концентраций фтора в делювии. В зависимости от размера выявленных проявлений плавиковошпатовой минерализации и качества руд с учетом ряда других признаков (минеральный состав, структурно-текстурные особенности руд, условия залегания рудных тел, характер рудовмещающих структур и пр.) решается вопрос о проведении оценки на глубину с помощью бурения, которое обычно осуществляется в стадию поисково-оценочных работ.

Поисково-оценочные работы производятся на участках концентрации флюоритовых проявлений, выявленных в результате предварительных или детальных поисков. Основная цель этих работ состоит в накоплении материалов, необходимых для выбора месторождения для предварительной разведки, и отбраковки проявлений минерализации, не представляющих промышленного интереса.

На этой стадии изучения месторождения, кроме его поверхности изучаются и глубокие горизонты. На поверхности, помимо естественных обнажений, проходятся, документируются и опробуются канавы и неглубокие шурфы. На глубину, до естественного выклинивания или до возможной глубины отработки месторождения проходятся скважины колонкового бурения.

В результате поисковых оценочных работ должны быть подсчитаны запасы выявленных тел по категории C_2 и дана общая прогнозная оценка месторождения. Методика поисково-оценочных работ не может быть в деталях разработана заранее и должна выработываться для каждого месторождения в зависимости от его геологических особенностей. В общем виде она представляется следующей: в месте обнаружения поисковыми работами естественного или искусственного обнажения плавикового шпата проходятся горные выработки с целью вскрытия и прослеживания его с поверхности и определения структуры месторождения. Разведка рудных тел с поверхности при наносах незначительной мощности (до 2—3 м) производится, как правило, канавами. При наносах значительной мощности рудное тело обычно вскрывают шурфами с рассечками из них. Расстояния между поверхностными выработками зависят от сложности строения месторождения и размеров рудных тел. При выборе расстояний между выработками необходимо учитывать, что многие рудные тела имеют пережимы, представленные безрудным тектоническим швом или прожилком непромышленной мощности, после которых вновь может появиться промышленное тело. Такие участки иногда достигают протяженности 100—200 м и более.

Как показывает практика, обычно на стадии поисково-оценочных работ расстояния между поверхностными горными выработками колеблются от 80—120 м на крупных залежах сложной формы и крупных жилах простого строения

до 20—40 м на мелких жилах и залежах сложного строения с резко изменчивой мощностью.

Для оценки оруденения на глубину по наиболее крупным жилам проходятся скважины колонкового бурения, которое обычно осуществляется по сети 160—240 × 60—80 м при оценке крупных рудных тел и 40—80 × 40—80 при разведке мелких жил. При закладке буровых скважин обязательно нужно учитывать возможное склонение промышленного оруденения.

Бурение скважин рекомендуется начинать лишь после окончания поверхностных работ. После бурения первых двух скважин следует тщательно проанализировать полученные результаты, сопоставить их с данными поверхностных выработок и составить геологические разрезы.

На основании этих данных следует уточнить местоположение и углы наклона последующих скважин. Нельзя останавливать при поисково-оценочных работах бурение сразу же после пересечения рудного тела, так как не исключена возможность наличия на глубине параллельных тел, не установленных поверхностными выработками. Кроме того, плавиковошпатовые тела могут иметь апофизы, отходящие от основного рудного тела в разных направлениях.

Предварительная разведка. Методика предварительной разведки месторождений плавикового шпата обуславливается типом месторождения, размерами залежей, условиями их залегания, морфологией и внутренним строением.

В процессе предварительной разведки выясняются геологическое строение и структура месторождения в целом. Как и на стадии поисково-оценочных работ, оконтуривание месторождения с поверхности осуществляется мелкими горными выработками или буровыми скважинами.

Месторождения на выходе вскрываются канавами или шурфами с расчехками, расстояние между которыми принимается от 40 до 80 м на крупных месторождениях и 20—40 м на мелких жилах и залежах.

С целью установления протяженности безрудных интервалов или пережимов рудного тела они прослеживаются на всем их протяжении через указанные или более мелкие интервалы.

Протяженность рудных тел на глубину, изменчивость формы, размеров и содержания флюорита определяются при помощи колонкового бурения. Однако, прежде чем приступить к бурению, необходимо установить достоверность буровых работ.

Вследствие различной истираемости флюорита, вмещающих его и обрабатывающих в нем прослой пород при разведке месторождений буровыми скважинами не исключена возможность избирательного истирания керна. Поэтому, приступая к предварительной разведке месторождения, необходимо произвести экспериментальные работы с целью установления оптимального диаметра и режима бурения скважин, при которых обеспечивается получение представительного керна.

Эта работа осуществляется путем сопоставления результатов проходки скважин с сопряженными с ними шурфами. Сопряженные выработки следует проходить на тех участках, где в плавиковошпатовых рудах содержатся прослой вмещающих пород. При наличии избирательного истирания необходимо изменять диаметр скважин или режим бурения до получения положительных результатов. В случаях, когда, несмотря на все принимаемые меры, бурение не позволяет исключить избирательное истирание керна, должна быть установлена его величина. Это возможно при проходке не менее 10—12 пар сопряженных выработок. Выход керна по полезной толще должен быть не ниже 70%.

Однако многолетний опыт буровых работ на плавиковошпатовых месторождениях показал, что получение высокого выхода керна на многих месторождениях в связи с хрупкостью флюорита практически недостижимо. В этих условиях большое значение приобретает возможность использования при разведке геофизических методов.

К сожалению, универсальной методики для всех месторождений пока не разработано, в связи с чем на каждом месторождении нужно проводить большой объем экспериментальных и заверочных работ.

Расположение выработок и плотность разведочной сети должны определяться в каждом отдельном случае с учетом геологических особенностей месторождения (морфологии рудных тел, условий их залегания и т. д.).

Предварительную разведку крупных залежей и жил целесообразно проводить в два приема. Вначале тщательно изучаются рудные тела на их выходах на дневную поверхность путем проходки канав, траншей, шурфов с рассечками, если пройденные на стадии поисково-оценочных работ выработки не позволяют правильно определить геологическое строение залежей и выбрать методику буровой разведки. Одновременно по редкой сети проходятся буровые скважины на всей площади месторождения. Расстояния между скважинами в этот период обычно составляют $80-180 \times 40-50$ м в зависимости от размеров залежей. По результатам этого периода разведки устанавливается контур залежи и выбирается наиболее представительная и доступная ее часть для более детального изучения. На месторождениях описываемого типа площадь такого участка не должна превышать 5—10% общей площади месторождения. Главной целью сгущения разведочной сети на выбранном участке является установление наличия и размеров безрудных участков, оплавленных швов непромышленной мощности, степени прерывистости промышленного оруденения и тектонических нарушений. Для решения этой задачи выработка проходит по прямоугольной, реже квадратной сети с расстояниями между ними $40-80 \times 40-50$ м. При выявлении безрудных участков, тектонических нарушений часть выработок должна задаваться вне принятой сети, с таким расчетом, чтобы установить размеры безрудных участков, оплавленных швов, характер, направление и амплитуду тектонических нарушений.

Число разведочных пересечений, необходимых и достаточных для решения задач предварительной разведки определяется по каждому конкретному месторождению с учетом его индивидуальных особенностей.

В тех случаях, когда размеры залежей не обеспечивают при указанной выше плотности сети получение 9—12 пересечений залежи или участка, на котором производилось более детальное ее изучение, расстояние между скважинами должны быть сокращены с таким расчетом, чтобы обеспечить указанное минимальное число необходимых пересечений.

В результате предварительной разведки должна быть определена группа месторождения по сложности его геологического строения и подсчитаны запасы на всей площади месторождения по категории C_1 , если месторождение относится к 1 группе, или по категории C_2 , если оно относится ко 2 или 3 группе. На части месторождений, на которых было произведено сгущение разведочной сети, запасы подсчитываются соответственно по категориям В или C_1 .

Методика предварительной разведки месторождений плавикового шпата, представленных мелкими жилами и залежами, принципиально не отличается от вышеописанной. Более мелкие размеры залежей или жил, меньшая выдержанность их мощности и качества руд, обуславливают необходимость

применения при разведке этих месторождений более плотной сети разведочных выработок.

Как правило, месторождения, представленные мелкими жилами или залежами, относятся к 3 группе по сложности их строения. Расстояния между выработками на всей площади месторождения обычно при предварительной разведке принимаются равными $40 \times 80 - 20 \times 40$ м, а запасы подсчитываются по категории C_2 . На части площади месторождения, составляющей не более 10—15%, сеть выработок должна быть сгущена до $20 - 40 \times 20 - 40$ м и запасы на ней подсчитаны по категории C_1 .

Д е т а л ь н а я р а з в е д к а. Проходка разведочных выработок в стадии детальной разведки преследует главным образом задачу уточнения контура тела полезного ископаемого, его формы и строения. Эта задача решается путем сгущения разведочной сети, принятой при предварительной разведке, и заложения дополнительных выработок, иногда не укладываемых в принятую сеть.

Разведочные выработки задаются с учетом системы, принятой при предварительной разведке, со сгущением сети для перевода запасов полезного ископаемого в более высокие категории. Места заложения и направление горных разведочных выработок выбираются с расчетом возможности их использования в качестве эксплуатационных при будущей отработке месторождения.

Сгущение разведочной сети с целью перевода запасов в высокие категории (А и В) производится на участках, предназначенных для первоочередной отработки.

Плотность разведочной сети должна определяться в каждом отдельном случае с учетом геологических особенностей месторождения.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить систематизированные данные о плотности сети, приведенные в табл. 17.

Для получения надежных данных о морфологии, условиях залегания и вещественном составе рудных тел, а также для контроля качества буровых работ и отбора технологических проб при разведке месторождения буровыми скважинами должны проходиться подземные горные выработки (штольни, шахты, квершлагаи, орты и т. д.).

Учитывая большие затраты на проходку подземных горных выработок, особенно шахт, разведочные горные выработки должны проходиться таким сечением, которое позволило бы использовать их в качестве эксплуатационных.

Во всех скважинах глубиной более 100 м через каждые 50 м нужно проводить измерения азимутальных и зенитных углов для выявления искривления скважин.

Результаты этих измерений следует учитывать при построении геологических разрезов. Разведочные выработки должны проходиться на всю мощность залежи или жилы флюорита и углубляются в подстилающие породы в зависимости от характера вмещающих пород, мощности зоны оплавления и концентрации в ней флюорита.

В тех случаях, когда имеются предпосылки выявления в подстилающих породах других плавиковошпатовых жил или залежей, часть (около 5%, но не менее 6—10) разведочных выработок должна пересечь полную мощность рудоконтролирующих пород.

При сложном характере рельефа поверхности месторождения или кровли полезного ископаемого, наличии пережимов, раздувов, замещений, даек, тектонических нарушений должны быть пройдены дополнительные выработки

с целью установления мощности и характера распределения покрывающих пород, оконтуривания пережимов, раздувов и замещений, изучения характера нарушений и т. д. В тех случаях, когда на стадии предварительной разведки была установлена целесообразность применения геофизических методов, они должны широко использоваться и на стадии детальной разведки.

Разведка в пределах горного отвала (доразведка). Методика доразведки крупных участков месторождений или изолированных рудных тел, запасы на которых подсчитаны по категории С₂, не отличается от методики, применяемой на стадии детальной разведки. Однако

Таблица 17

Ориентировочные расстояния между разведочными выработками, применяемые для разведки месторождений плавикового шпата

Группа месторождений	Тип месторождений	Тип выработок	Расстояния между выработками (в м) для категорий					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1	Крупные залежи сложной формы, а также крупные жилы простого строения, относительно выдержанные по мощности и содержанию фтористого кальция	Горные выработки, буровые скважины	20—40	40—50	40—80	40—50	80—120	40—50
			—	—	20—40	40—50	40—80	40—50
2	Крупные и средние жилы и залежи сложного строения, а также крупные и средние жилы простого строения с невыдержанной мощностью и содержанием фтористого кальция	То же	—	—	20—40	40—50	40—80	40—50
			—	—	—	—	20—40	40—50
3	Мелкие жилы и залежи сложного строения с резко изменчивой мощностью и содержанием фтористого кальция	» »	—	—	—	—	20—40	20—40
			—	—	—	—	20 *—40	20 *—40

* В сочетании с горными выработками.

при выборе плотности разведочной сети необходимо учесть опыт разработки месторождения и в случае необходимости внести в нее соответствующие коррективы. При доразведке глубоких горизонтов необходимо учитывать установленный при разработке месторождения характер оруденения по падению залежи, что может обусловить сгущение или разрежение ранее применяемой сети выработок.

При определении необходимости доразведки мелких участков, расположенных на флангах месторождения, следует учитывать, что степень их

разведанности при производстве эксплуатационных работ возрастает и в ряде случаев запасы этих участков могут быть переведены в высокие категории без производства дополнительных разведочных работ или путем проходки небольшого количества выработок.

Эксплуатационная разведка. На месторождениях, разрабатываемых открытым способом, эксплуатационная разведка ведется путем проходки, документации и опробования скважин эксплуатационной разведки, а также документации и опробования уступов карьера и буровзрывных скважин. На месторождениях, разрабатываемых подземным способом, производится документация и опробование подготовительных и очистных выработок, а также буровзрывных шпуров и скважин.

На относительно выдержанных месторождениях сеть скважин обычно вдвое плотнее применяемой при детальной разведке запасов категории А, на сложных — расстояния между скважинами детальной разведки сокращаются до 10—20 м.

Расположение скважин эксплуатационной разведки определяется системой разработки месторождения с таким расчетом, чтобы эксплуатационной разведке были подвергнуты площади первоочередной разработки с опережением последней очистных работ на срок 3—6 месяцев.

Геологическая документация. Перечень вопросов, которые должны отмечаться при документации, зависит от типа месторождения, но во всех случаях особое внимание следует уделять описанию включений, жил и даек, а также тектонических нарушений, зон дробления и выветривания. Установленным на месторождении разновидностям плавиковошпатовых руд и вмещающим породам должна быть дана обстоятельная минералого-петрографическая характеристика.

При описании жил, даек и других включений необходимо указывать их размеры, вещественный состав, элементы залегания и их взаимоотношение с рудными телами (секущие, межпластовые и т. д.). При установлении околожилных изменений должна быть указана мощность зоны измененных пород, дано описание вещественного их состава и дана оценка их промышленного значения.

Описывая зону выветривания, следует указать ее характер, глубину распространения выветрелых пород, их вещественный состав и физико-механическое состояние, а также влияние процессов выветривания на качество руд.

При описании тектонических нарушений необходимо указать их характер (открытые или заполненные трещины, зоны дробления, брекчирования и т. д.), простирание и падение, амплитуду смещения рудных тел и их влияние на качество руд на участках, прилегающих к тектоническим нарушениям.

При зарисовке геологического разреза, вскрытого горно-разведочными или буровыми выработками, важно правильно определить масштаб зарисовки, который полностью зависит от мощности рудного тела и сложности его строения.

Практика показала, что при мощности сложных рудных тел, вместе с оплавленными зонами, равной 10 м, масштабы зарисовок 1 : 50—1 : 100 вполне достаточны.

В канавах, квершлагах и штольнях, пересекающих рудное тело, зарисовываются кровля выработки и две боковые стенки. В штольнях и штреках, проходимых по простиранию рудного тела, необходимо зарисовывать забои. В зависимости от сложности строения рудного тела зарисовки производятся через каждые 2—5—10 м. Обязательно документируются все расщелины, пройденные из штольни и штреков.

На зарисовках отражаются:

1. Конфигурация рудного тела, при этом мощности рудного тела, кроме отражения их на зарисовке, замеряются в верхней, средней и нижней частях забоя и указываются цифрами. При резком изменении мощности рудного тела количество замеров должно быть увеличено и обязателен замер мощности в характерных местах.

2. Зоны оплавления вмещающих пород: прожилки, включения, гнезда и вкрапленность плавикового шпата. На зарисовках указывается степень оплавления — до 10, 30, 40% и т. д.

3. Жилы, прожилки, дайки и включения пустых пород. Если в масштабе зарисовки не могут быть выделены отдельные жилы и прожилки, образующие сеть, выделяется условным знаком зона интенсивного развития мелких жил или включений пустых пород.

4. Зоны и участки, характеризующиеся различной текстурой руд (массивная, ленточная, кокардовая, ленточно-шестоватая) и различной крепостью.

5. Зоны распространения сульфидов. На комплексных месторождениях — зоны или участки преобладания той или иной минеральной ассоциации.

6. Характерная трещиноватость, ее направление и густота, элементы дизъюнктивной тектоники. Элементы простирания и падения трещиноватости и сбросов показываются цифрами.

7. Вмещающие породы.

8. Места взятия образцов и проб.

Зарисовка керна скважин производится в масштабе 1 : 200—1 : 500, а при большой глубине скважин — в масштабе 1 : 1000. Детали строения рудного тела отражаются на отдельно составляемых колонках в масштабе 1 : 50—1 : 100. На этой зарисовке должны быть отражены все элементы, приведенные выше для горных выработок.

Маркшейдерские планы должны обеспечивать возможность составления погоризонтных геологических планов и планов опробования; обычно они составляются в масштабе 1 : 200—1 : 500. Сводные погоризонтные планы должны составляться в масштабе не мельче 1 : 1000.

Опробование. Методика опробования месторождений плавикового шпата принципиально не отличается от методики опробования большинства рудных месторождений. В горных выработках пробы отбираются, как правило, бороздовым способом. Многолетняя практика разведки и эксплуатации известных месторождений плавикового шпата показала надежность этого способа опробования.

Сечение борозд принимается в зависимости от степени однородности руды, чаще всего от 3—5 до 10 см.

При бороздовом опробовании рудных тел сложного строения с неравномерным распределением полезного ископаемого и наличием в рудном теле прослоев некондиционных руд или пустых пород, которые подлежат селективной выемке, применяется секционный способ отбора проб. Секционное опробование применяется также и при разведке мощных рудных тел. Применение секционного опробования позволяет установить характер изменения содержания полезных компонентов по мощности рудного тела и произвести оконтуривание руд разного состава и качества.

Длина секций устанавливается в зависимости от сложности строения рудного тела, мощности отдельных разновидностей руды и прослоев некондиционных руд и пустых пород. При равномерном распределении компонентов,

отсутствии прослоев некондиционных руд и пустых пород при опробовании мощных рудных тел борозда делится на равные по длине секции.

Длина секций для плавиковошпатовых месторождений в большинстве случаев принимается равной 0,5—1,0 м и лишь в редких случаях, при опробовании более или менее простых рудных тел большой мощности, увеличивается до 2,0—3,0 м. С целью более точного оконтуривания промышленной части тела по мощности длина секций на приконтактных частях тела должна приниматься минимальной.

Маломощные прослои пустых пород, селективная обработка которых невозможна, включаются в пробу. Прослои, мощность которых позволяет осуществлять их селективную выемку, опробуются отдельно в том случае, если они несут следы оплакивания. Совершенно безрудные прослои и ксенолиты вмещающих пород большой мощности опробованию не подлежат. Опробованию подвергаются все разведочные и эксплуатационные выработки, естественные и искусственные обнажения. В канавах опробование производится сплошной бороздой. Борозды обычно располагаются в почве или реке по стенкам канав. Применение пунктирного опробования не допускается. В подземных горизонтальных горных выработках, проходимых по простиранию рудных тел, опробуются забои. Пробы, отобранные в кровле выработок, часто оказываются непредставительными. Расстояния между опробованными забоями не должны превышать 10—20 м. В горизонтальных горных выработках, пройденных вкрест простирания рудных тел, пробы отбираются по одной или двум стенкам. Во всех случаях пробы необходимо брать на одной и той же гипсометрической отметке, что исключает возможность выборочного отбора проб.

На многих месторождениях плавикового шпата мощности рудных тел превышают сечение разведочных выработок и вследствие этого выработки, пройденные по простиранию и падению рудного тела, не вскрывают его полностью. В этих случаях для вскрытия и опробования рудного тела на всю его мощность через каждые 10—20 м проходятся рассечки (орты), пересекающие рудное тело вкрест простирания. В ряде случаев рассечки или орты могут быть заменены скважинами подземного колонкового бурения. При разведке крутопадающих рудных тел вертикальными или наклонными горными выработками (шурфами, восстающими) отбор проб следует производить через каждые 3—5 м по падению.

Отбор проб из скважин колонкового бурения производится также секционным способом. На месторождениях простого строения при значительной мощности рудного тела пробы отбираются длиной 1 м. При сложном строении рудных тел опробование проводится с учетом мощности выделяемых зон разного состава, прослоев пустых пород и некондиционных руд.

При опробовании керна буровых скважин длину секций определяют не по фактической длине поднятого керна, а по интервалу уходки скважины. Как правило, процент выхода керна по плавиковому шпату в большинстве случаев низкий. Некоторые части рудного тела, состоящие исключительно из флюорита, могут полностью превратиться в шлам. При бурении в рудном теле необходимо применять шламовую трубу и обязательно улавливать шлам и мусть. Шлам отбирается в пробу с тех же интервалов бурения, что и керн. При отборе шлама следует иметь в виду, что он включает в себя шлам, получаемый из боковых пород и, вследствие этого, не дает действительного представления о содержании флюорита в пробуренном интервале, а лишь косвенно свидетельствует о наличии или отсутствии оруденения в пробуренном интервале.

Отобранные пробы обрабатываются обычным способом. Величина коэф-

коэффициента K устанавливается в зависимости от сложности минерального состава и равномерности распределения в руде плавикового шпата. Обычно в практике значение K принимается равным 0,1 для однородных руд и 0,5 при неоднородном качестве руд.

При наличии в плавиковошпатовых рудах в промышленных концентрациях металлов значение коэффициента K должно определяться с учетом характера их распределения в плавиковошпатовых рудах.

При обработке проб следует учитывать возможность накопления в дробилках мелких фракций, обогащенных флюоритом. Это обстоятельство может привести к занижению содержания флюорита в пробах, обрабатываемых после очистки дробильного аппарата, и к резкому завышению его в пробах, обрабатываемых перед очисткой. Вследствие этого очистку дробильных аппаратов следует производить как можно чаще.

Анализы и испытания. Плавиковый шпат обладает характерными диагностическими признаками, которые позволяют сравнительно легко отличать его от других минералов. Вследствие этого минеральный состав руды в полевых условиях определяется визуально, путем исследования образцов руды у ее естественного выхода на дневную поверхность или в горно-разведочных выработках. Полученные результаты дают первое общее представление о минеральных ассоциациях во вновь найденном месторождении. Для классификации руд по минеральному составу такого изучения недостаточно. Одновременно с визуальным определением минерального состава нужно проводить исследования с помощью поляризационного микроскопа. Это изучение позволит надежно определить минералы и дать их количественную оценку.

Кроме минерального состава руд большое значение имеет их гранулярный состав. Определение гранулярного состава руд проводят обычно на пробах, отобранных из горно-разведочных выработок. Масса таких проб колеблется от нескольких сотен килограммов до 0,5 т, если крупность кусков не превышает 100 мм. При большей крупности масса пробы должна быть увеличена. Гранулярный состав руды определяют путем ситового анализа. Чаще всего проба рассеивается на три-четыре класса: +25 мм; —25 мм +10 мм; —10 мм, +2 мм и —2 мм.

По всем отобранным пробам производится определение химического состава руд с полнотой, обеспечивающей возможность оценки промышленного значения как плавикового шпата, так и всех попутных ценных компонентов.

Содержания их в руде должны быть установлены на основании химических анализов проб или результатов определений другими методами, достоверность которых доказана (например, методом наведенной активности, количественным спектральным анализом и др.). В качестве основного метода опробования керна должен использоваться рентгенометрический метод при условии установления химическими анализами его достоверности.

В кварц-флюоритовых рудах во всех пробах определяются содержания CaF_2 , SiO_2 , CaCO_3 , серы общей и сульфидной, фосфора.

В барит-флюоритовых рудах, кроме указанных компонентов, определяется BaSO_4 . Другие вредные примеси (железо и др.) находятся лишь в тех случаях, если они лимитируются кондициями.

В рудах, содержащих сульфиды, в зависимости от состава последних определяются свинец, цинк, ртуть, сера и другие элементы, а также серебро и иногда золото. Содержание вышеуказанных элементов определяется по групповым пробам, характеризующим типы руд по отдельным выработкам.

Групповые пробы составляются из навесок, отобранных из дубликатов проб на основной компонент пропорционально их длине.

Определение содержания редких и рассеянных элементов (Ce, Se, Te, Be и др.) производится на мономинеральных пробах, концентратах и других продуктах обогащения руд. Эти элементы могут определяться количественным спектральным методом.

Групповые, объединенные пробы составляются таким образом, чтобы можно было оценить характер распределения полезных компонентов и вредных примесей как по площади месторождения, так и в разрезе залежи или жилы, а также с учетом возможности селективной отработки.

Вещественный состав руд и минеральная форма нахождения полезных компонентов должны быть изучены в том объеме, который позволил бы составить баланс их распределения.

Во избежание произведения излишнего числа анализов при массовом опробовании (особенно крупных месторождений) следует широко использовать простейшие методы анализа для отбраковки проб (активационный, рентгено-радиометрический и др.) при соответствующем их контроле, а также сокращать число анализов на компоненты, содержание которых по проведенным на стадии предварительной разведки анализам не имеет практического значения.

Технологические исследования. Плавиновошпатовые руды в большей своей части используются после обогащения и лишь богатые кусковые руды — иногда без предварительного обогащения. Вследствие этого при разведке месторождений флюорита в задачу разведки входит отбор представительных технологических проб.

На ранних стадиях изучения месторождения отбираются пробы для лабораторных исследований от каждого типа руд по вещественному составу и новизнам по структурно-текстурным особенностям.

Пробы эти обычно небольшой массы могут быть отобраны из керна скважин или имеющих горных выработок. После лабораторных испытаний для разработки промышленной схемы и уточнения технологических показателей обогащения для технологически не освоенных или слабо освоенных руд отбираются пробы для испытаний в полузаводских или заводских условиях. Эти пробы берутся от каждого типа руды, имеющего свои технологические особенности. Представительность технологических проб оценивается по содержанию всех компонентов, влияющих на качество сырья, технологический процесс и экономику его обогащения. Технологические испытания во всех случаях необходимы для требующих обогащения руд новых разведываемых месторождений. Для эксплуатируемых месторождений отбор и испытание технологических проб обязательны только при вскрытии новых типов или сортов руд при переходе на новые технологические способы их переработки.

При необходимости производства из флотационных концентратов окатышей должны быть проведены испытания по определению состава их шихты, технологической схемы изготовления и дана оценка качества получаемых окатышей.

Объемная масса плавиновошпатовых руд определяется для каждого имеющегося на месторождении типа руд. Определение ее производится как лабораторным путем, так и путем выемки целиков. Размеры целиков зависят от строения рудных тел и обычно составляют 1—3 м³. Для однородных плотных руд допустимо определение объемной массы только по штучным пробам в лабораторных условиях. При наличии достаточного количества таких определений целесообразно построение корреляционных кривых зависимости

объемной массы от содержания CaF_2 для каждого типа руды. Одновременно с определением объемной массы по этим же пробам определяется и естественная влажность руд.

На установленную величину объемной массы вносится поправка на влажность.

Комплексность изучения. Месторождения плавикового шпата в значительной своей части являются комплексными. Кроме плавикового шпата практический интерес на собственно плавиковошпатовых месторождениях могут представлять металлы: сурьма и ртуть в кварц-флюоритовых рудах, свинец и цинк в карбонатно-флюоритовых рудах, бериллий и литий в слюди-сто-флюоритовых рудах, свинец, цинк и медь в барит-флюоритовых рудах, олово — в топаз-флюоритовых рудах. Из нерудных минералов промышленное значение могут иметь барит, кварц, полевые шпаты, а также оптический флюорит или чистый плавиковый шпат, используемый для выращивания кристаллов синтетического оптического флюорита.

На многих месторождениях плавиковый шпат является попутным компонентом, а основную ценность представляют руды металлов.

При содержании одного или нескольких попутных компонентов в нескольких минералах следует составить баланс их распределения по минералам.

Специальных разведочных работ на попутные полезные ископаемые, заключенные в плавиковошпатовых рудах, на первых стадиях изучения месторождения проводить не следует. Для оценки их промышленного значения, эффективности добычи и использования, влияния на общую ценность извлекаемых руд должны быть использованы прежде всего разведочные выработки, пройденные для разведки основного полезного ископаемого, и лишь после получения положительных результатов, на стадии детальной разведки может проводиться дополнительное сгущение разведочной сети, если распределение попутных полезных компонентов, представляющих промышленную ценность, более сложное, чем плавикового шпата.

Кроме определения содержания попутных компонентов в рудах очень важно изучить содержания их в продуктах обогащения и возможность получения селективных концентратов. Качество получаемых концентратов должно быть изучено в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями. Особенно важно определить возможную область использования хвостов обогащения, в которые чаще всего переходят кварц и полевые шпаты.

Для полевых шпатов должно быть установлено общее содержание окиси калия и натрия, их соотношение, содержание железа и других вредных примесей. Определяя область использования отходов обогащения, нельзя забывать об их физическом состоянии. Получаемые после флотации продукты представлены тонкими фракциями, что ограничивает область их возможного использования.

БАРИТ И ВИТЕРИТ

Общие сведения о барите и требования промышленности к его качеству. В природе барий содержится во многих минералах, однако в настоящее время промышленное значение в СССР имеют в основном месторождения барита. Барит — минерал, представляющий собой сульфат бария (BaSO_4). Теоретический химический состав его: BaO 65,7%, SO_3 34,3%. В виде изоморфных примесей встречаются стронций и кальций. Разновидности с высоким содержанием стронция носят название барито-целестина. Изредка встречаются разновидности, богатые свинцом и радием (хокутолит). Из посторонних примесей присутствуют

иногда окислы железа, глинистые и органические вещества. Плотность чистого барита колеблется от 4,3 до 4,6, твердость от 2,5 до 3,4. Блеск стеклянный, переходящий в смолистый. Цвет — белый, серый, голубой, желтый, розовый, бурый, красный, коричневый в зависимости от количества и состава примесей. Встречаются также прозрачные бесцветные кристаллы, но в большинстве случаев они замутнены газовыми включениями и сильно трещиноваты. Барит почти нерастворим в воде, в органических растворителях и слабых минеральных кислотах. Размеры кристаллов его сильно колеблются. Агрегаты крупнозернистого барита легко измельчаются в связи с хорошей спайностью.

Барит в природе часто сопровождается виверитом, однако в СССР известны только баритовые месторождения, в рудах которых виверит присутствует в виде незначительных примесей.

Виверит представляет собой природный карбонат бария ($BaCO_3$) с теоретическим составом BaO 77,7%, CO_2 22,3%. По физическим свойствам он весьма близок к бариту, но имеет большую твердость. Химические свойства виверита резко отличны от барита. Виверит легко разлагается под действием даже слабых кислот и относительно хорошо растворим в воде, имеет цвет от белого до желтого («медового»), блеск, как и у барита, стеклянный, переходящий в смолистый.

Оценка барита, используемого химической промышленностью, производится по ГОСТ 4682—74, согласно которому может использоваться баритовый концентрат класса А, для производства же солей бария и литопона — концентрат марок КБ-1 и КБ-2. Для изготовления литопона, кроме того, может применяться концентрат марки КБ-3. Как наполнитель и утяжелитель может быть использован концентрат класса А всех предусмотренных ГОСТом марок.

Требования к качеству баритового концентрата, используемого в химической промышленности, приведены в табл. 18.

В связи с растущим спросом на барит, ставится вопрос об использовании кроме барита и виверита и других источников баритсодержащего сырья, в частности минералов санборнита ($BaSi_2O_5$) и баритоцелестина $BaSr(SO_4)_2$, встречающихся в эндогенных карбонатах и вулканогенных породах. Новым источником бария могут оказаться также богатые им конкреции, залегающие на дне морей на значительных площадях.

Кроме того, определенный интерес как источники барита представляют хвосты обогатительных фабрик, перерабатывающих колчеданные и полиметаллические руды. Значительные экономические выгоды может дать повторное использование барита, извлеченного из глинистого раствора после проходки буровых скважин.

Генетические и промышленные типы месторождений барита. По условиям образования среди месторождений барита и виверита могут быть выделены гидротермальные, осадочные и месторождения выветривания. Каждый из этих типов включает месторождения, крайне разнообразные по возрасту и составу руд, по форме и размерам залежей и по условиям их взаимоотношений с вмещающими породами.

Гидротермальные месторождения барита и виверита, как правило, являются переходными от средне- к низкотемпературным образованиям. По условиям выпадения барита и виверита из растворов, а также по условиям залегания рудных тел среди гидротермальных месторождений выделяются жильные и метасоматические, при этом жильные и метасоматические залежи иногда встречаются вместе, в пределах одного рудного поля или месторождения.

Жильные месторождения приурочены главным образом к областям интенсивного развития тектонических нарушений. Рудные тела представлены жилами или линзообразными телами выполнения открытых полостей. Жилы и линзы связаны обычно с крупными тектоническими зонами, в которых они выполняют открытые трещины в осадочных, изверженных и метаморфических породах. Жилы обычно имеют крутое падение и невыдержанную мощность. Они характеризуются наличием раздувов, достигающих 5—10 м и более. Последние чередуются с пережимами, представляющими собой пустые или слабоминерализованные трещины, заполненные глиной или полностью замещен-

Таблица 18

Требования к качеству баритового концентрата класса А, используемого в химической промышленности (по ГОСТ 4682—74)

Показатели	Нормы для марок					
	КБ-1	КБ-2	КБ-3	КБ-4	КБ-5	КБ-6
Содержание сернокислого бария, %, не менее	95	92	90	87	85	80
Содержание двуокси кремния, %, не более	1,5	1,5	2,5	3,5	4,5	4,5
Содержание железа в пересчете на Fe ₂ O ₃ , %, не более	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5
Содержание суммы кальция и магния в пересчете на СаО, %, не более *	0,5	1,0	1,5	6,0	7,0	7,0
Содержание водорастворимых солей, %, не более	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45
Содержание влаги, %, не более **	2	2	2	2	2	2
Реакция водной вытяжки, рН	6—8	6—8	6—8	6—8	6—8	6—8

* До 1 января 1979 г. допускается выпускать баритовый концентрат марок КБ-1, КБ-2, КБ-3 с содержанием суммы кальция и магния в пересчете на СаО соответственно не более 2,0; 3,0 и 4,0%.

** С 1977 г. для производства наполнителей лакокрасочной промышленности должен поставляться баритовый концентрат с содержанием влаги не более 1% и остатком на сите № 0056К по ГОСТ 3584—73 не более 1%.

Для баритового концентрата, применяемого в качестве наполнителя для красок белых тонов, кроме того, нормируется коэффициент яркости, который должен составлять для марки КБ-1 не менее 90%, а для остальных марок — не менее 80%.

ные кварцем или кальцитом. Жилы часто ветвятся, образуя две или несколько параллельных жил, характерно наличие апофиз.

По простиранию жилы прослеживаются от нескольких десятков до нескольких сотен метров, иногда достигая 1—2 км, однако чаще всего оруденение представлено рядом коротких жил, располагающихся цепочкой или кулисообразно в пределах плоскости разрывного нарушения. В отдельных месторождениях насчитывается до 1—2 десятков таких жил. Короткие жилы обычно быстро выклиниваются по падению. Выдержанные по простиранию жилы сохраняются на значительную, достигающую нескольких сотен метров, глубину. Предельная глубина оруденения в жильных месторождениях не установлена, так как ни одно из крупных месторождений не изучено до предельной глубины распространения баритового оруденения. Наблюдающаяся в жилах смена барита кварцем и кальцитом не является признаком прекращения оруденения, а лишь зоной замещения, за которой вновь через некоторый промежуток может последовать промышленное оруденение.

Тектонические трещины некоторых зон разлома заполнены обломочным материалом, сцементированным баритом и витеритом, в результате чего образуются баритовые брекчии. При широком площадном развитии брекчий они могут образовывать рудные тела, по форме близкие к пластовым залежам.

Месторождения барита жильного типа являются наиболее широко распространенными, а витерита — единственными, ныне известными.

В СССР месторождения жильного типа широко развиты в Закавказье, где они приурочены к порфиристо-туфогенной серии юры. Известны они также на Северном Кавказе, в Средней Азии (барит-витеритовые месторождения в Туркмении), в Казахстане, Красноярском крае и др.

Метасоматические месторождения формируются в процессе замещения баритом карбонатных пород, вследствие чего они располагаются преимущественно в известняках и доломитах. Барит образует в них рассеянную вкрапленность. Этот тип баритового оруденения встречается значительно реже жильного.

Осадочные месторождения барита представлены пластовыми залежами, образовавшимися в результате осаждения сульфата бария из морской воды. Мощность залежей изменяется от долей метра до нескольких метров. Барит часто окрашен органическими соединениями в черный цвет, в качестве примесей могут присутствовать различные сульфиды, а иногда ванадий и стронций. Месторождения этого типа большого промышленного значения не имеют. В эксплуатации находится единственное в мире осадочное месторождение Мегген в ФРГ. В СССР к этому типу можно отнести малоизученные проявления барита в осадочных толщах Северного Кавказа и юго-восточного края Устьурта.

Месторождения выветривания образуются путем поверхностного выветривания коренных месторождений барита и витерита. Чаще всего они являются элювиальными или делювиальными россыпями, представляющими собой толщи глин и суглинков и содержащими глыбы и обломки барита. Наиболее крупные глыбы барита в силу большой плотности последнего концентрируются в нижнем слое элювия и делювия. Вследствие легкой обогатимости руд, месторождения этого типа могут представлять промышленный интерес даже при невысоких содержаниях барита (15—20%).

Месторождения выветривания известны на Урале и в Казахстане.

В зависимости от количественных соотношений главных рудных и нерудных минералов, а также технологии извлечения из руд барита, все баритовые месторождения подразделяются на две большие группы: собственно баритовые и комплексные.

К собственно баритовым относятся месторождения, в которых барит является единственным полезным ископаемым. Представлены они в основном гидротермальным и осадочным генетическими типами, реже выветривания, а по форме залегания — жилами, пластообразными и линзообразными залежами, брекчиевидными зонами. По минеральному составу руд среди собственно баритовых месторождений выделяются существенно-баритовые, кварц-баритовые, кальцит-баритовые, глинисто-баритовые и песчано-баритовые.

Существенно-баритовые руды состоят в основном из барита, в некоторых случаях из витерита. Другие минералы содержатся в незначительных количествах. Среди них чаще всего встречается кварц, кальцит и окислы железа. В этом случае месторождения относятся к комплексным.

По текстуре существенно-баритовые руды подразделяются на крупнокристаллические и мелкокристаллические. Первые содержат крупные кристаллы барита с хорошо выраженной спайностью, легко поддающиеся измельчению.

Вторые представлены плотным мелкокристаллическим, трудно измельчающимся баритом.

К этому типу относятся руды месторождений Грузии, Азербайджана и Хакасии.

Кварц-баритовые руды содержат, кроме барита (и виверита), значительные количества кварца (до 30—45%). В виде примесей присутствуют кальцит, флюорит и сульфиды. Существенные значения на качество руд этого типа оказывает характер распределения кварца, так как при тонком проращении барита кварцем руды весьма трудно обогащаются. К этому типу относятся руды месторождений Северного Кавказа, Армении и Центрального Казахстана.

Кальцит-баритовые руды содержат кроме барита значительное количество кальцита (до 75%). В виде примесей в рудах присутствуют кварц и сульфиды. Распределение кальцита в рудах неравномерное, что определяет их качество. К этому типу относятся руды Чордского месторождения в Грузии и некоторых жил Миргалимсайского месторождения в Казахстане.

Глинисто-баритовые и песчано-баритовые руды представлены обломками барита в глинах и суглинках. Встречаются также обломки сланцев, песчаников, известняков и других пород, что обуславливает пестрый состав руд. Иногда обломки барита с поверхности покрыты окислами железа. Типичными месторождениями этих руд являются Джелаирское в Казахстане и Медведевское на Южном Урале.

Содержание барита в рудах собственно баритовых месторождений колеблется от 15 до 100%, барит в них легко отделяется от вмещающих пород путем гравитационного или флотационного обогащения.

По запасам руд собственно баритовые месторождения подразделяются на весьма крупные (более 5 млн. т), крупные (от 5 до 0,5 млн. т), средние (от 0,5 до 0,1 млн. т) и мелкие (менее 0,1 млн. т).

К комплексным баритовым месторождениям относятся такие, из руд которых барит извлекается как попутный компонент. Представлены они в основном карбонатитовыми, гидротермальными и вулканогенно-осадочными типами, а по форме залегания — сложными жилами, пластообразными и линзообразными метасоматическими залежами и комбинированными телами (пласты, линзы, жилы, зоны, штокверки и т. д.). По минеральному составу комплексные баритовые месторождения подразделяются на флюорит-баритовые, колчеданные барит-полиметаллические, барит-полиметаллические и железо-баритовые.

Флюорит-баритовые руды представлены баритом и флюоритом. Присутствует также кварц и кальцит, в виде примесей — сульфиды свинца, цинка и меди. На ряде месторождений наблюдается вертикальная зональность месторождения: на верхних горизонтах развиты баритовые руды с постепенным замещением барита флюоритом на нижних. Руды этого типа имеются на месторождениях Южного Казахстана и Узбекистана.

В настоящее время основные промышленные запасы барита в Советском Союзе в комплексных месторождениях сосредоточены в колчеданных барит-полиметаллических и барит-полиметаллических рудах и объединены в одну минеральную группу руд — сульфидно-баритовых.

Сульфидно-баритовые руды в основном представлены баритом и сульфидами железа, меди, цинка, свинца и др. Из нерудных минералов присутствуют кварц, кальцит, флюорит. Различные сочетания этих примесей обуславливают пестрый состав руд. В приповерхностной зоне сульфиды часто окисляются, переходя в лимонит, малахит, азурит, в результате чего образуются железные шляпы сульфидных месторождений. При этом барит дезинтегрируется

превращаясь в «баритовую сыпучку», которая с глубиной переходит в плотную сульфидно-баритовую руду.

Типичные сульфидно-баритовые руды встречаются на месторождениях Среднего и Южного Урала, Салаира и Алтая.

Руды комплексных сульфидных месторождений часто представлены не только сульфидно-баритовыми, но и собственно баритовыми. Последние, как правило, слагают обособленные тела среди сульфидно-баритовых руд. Содержание барита в сульфидно-баритовых рудах колеблется от 5 до 70%, а в обособленных собственно баритовых — от 50 до 90%.

Железо-баритовые руды представлены в основном баритом и минералами железа — магнетитом, гематитом в глубоких зонах и гётитом и гидрогётитом — в верхних зонах месторождения. Из нерудных минералов присутствуют кальцит и кварц. Руды этого типа известны в Тувинской автономной области (Карасукское), характерны для метасоматических месторождений.

Барит из руд комплексных месторождений обычно извлекается как попутный компонент флотационным путем наряду с медными, цинковыми, свинцовыми, золоторудными и другими концентратами.

Промышленные запасы баритовых руд в комплексных месторождениях оцениваются как весьма крупные (более 20 млн. т), крупные (от 10 до 20 млн. т), средние (от 1 до 10 млн. т) и мелкие (менее 1 млн. т).

По размерам рудных тел, их морфологии, условиям залегания и равномерности распределения оруденения среди месторождений барита и виверита можно выделить четыре геолого-промышленных типа:

1. Метасоматические месторождения, представленные крупными пластообразными и линзообразными залежами, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита и виверита. К этому типу относятся Карасукское месторождение в Тувинской автономной области, Миргалимсайское и Карагайлы в Казахстане, Маднеульское в Грузии и др.

2. Гидротермальные месторождения, представленные жилами, зонами субпараллельных жил и рудными столбами, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита и виверита. К этому типу относятся Чордское месторождение в Грузии и Джалаирское в Казахстане.

3. Гидротермальные месторождения, представленные жилами, не выдержанными по мощности и содержанию барита и виверита. Месторождения этого типа широко развиты в Грузии и встречаются в Казахстане.

4. Месторождения выветривания, представленные россыпями и корами выветривания, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита и виверита.

Осадочные месторождения барита и виверита в настоящее время в Советском Союзе промышленного значения не имеют.

Поиски. Месторождения барита и виверита встречаются в геологической обстановке, близкой к описанной для флюорита.

Баритовые рудные тела могут залегать в породах различного возраста, однако практически наиболее ценные месторождения генетически связаны со среднепалеозойскими и нижнеюрскими интрузиями.

Месторождения барита располагаются в складчатых районах с редкими проявлениями разрывных нарушений. Баритовые жилы выполняют трещины сбросов, сбросо-сдвигов, часто небольшой амплитуды. Интрузивные породы, с которыми генетически могут быть связаны месторождения, в одних районах присутствуют, в других они вообще не известны или проявляются лишь в форме даек.

Залегают месторождения или среди существенно полевошпатовых пород — гранитов, кварцевых порфиров, порфиритов, туфов, туфопесчаников и песчаников, или среди известняков и доломитов. В отдельных районах наблюдается приуроченность большинства месторождений к вмещающим породам определенного возраста и состава, например к порфирито-туфовой толще байоса, к песчаникам нижнего апта и альба.

Околожилные изменения полевошпатовых боковых пород выражаются в каолинизации пород и иногда в обогащении их вторичным кварцем. В карбонатных породах нередко наблюдаются доломитизация и появление вкрапленности сульфидов, реже флюоритизация и окварцевание.

Исходя из генетических особенностей баритовых месторождений, можно наметить следующие поисковые признаки баритовых проявлений: 1) развитие в районе постмагматических гидротермальных месторождений флюорита, кальцита, кварцевых жил, по условиям образования, сходным с баритовыми; 2) проявление в районе медной и полиметаллической минерализации; 3) развитие в районе интенсивных разрывных нарушений зон брекчий и смятий со следами гидротермальной обработки: окварцевания, серицитизации, каолинизации, флюоритизации; 4) проявления баритизации в районе развития минерализованных зон и месторождений барита, с учетом приуроченности баритовой минерализации в данном районе к определенным породам и стратиграфическим горизонтам. Для Грузии, например, — к порфирито-туфовой толще байоса, а для Западного Копет-Дага — к песчаникам апта и альба; 5) находки обломков барита и витерита.

Схожесть геологических условий образования баритовых месторождений с плагиоклазовыми обуславливает и близость методики их поисков.

Основным методом поисков месторождений барита является площадное обследование местности.

На площади, где обнаружены признаки баритового оруденения, обычно производится крупномасштабная геологическая съемка, что позволяет оценить перспективы выявления промышленных месторождений. При этом на участках, закрытых рыхлыми четвертичными отложениями, целесообразно поставить геофизические и геохимические исследования, способствующие выявлению структуры коренных пород и участков с повышенной концентрацией баритовых и особенно сульфидно-баритовых руд.

Несмотря на значительную химическую стойкость и высокую плотность, вследствие низкой твердости и совершенной спайности, барит при перемещении элювия вниз по склону быстро распыляется. Этим объясняется отсутствие промышленных делювиальных и аллювиальных россыпей. По этой же причине отсутствие барита в шлихах не может служить противопоказанием возможного нахождения вблизи коренных месторождений. Находка же обломков барита или наличие его в шлихах свидетельствует о близости коренного источника. В таких участках должны быть проведены тщательные обследования.

Из геофизических методов обычно применяется магнитометрия, если есть предположение, что баритовые руды обогащены магнитными минералами — пирротинном и магнетитом. Сульфидные баритовые руды могут успешно выявляться магнитной съемкой. Следует иметь в виду, что более четкие геофизические аномалии получаются над выходами крутозалегающих рудных тел и менее четкие — при пологом залегании последних. Для расшифровки выявленных аномалий необходимо пройти неглубокие скважины или шурфы.

Для установления качества руд и прослеживания выходов рудной зоны проходятся канавы, шурфы и неглубокие буровые скважины. Наряду с отбором

проб для химического анализа необходимо произвести геолого-минералогические анализы наблюдаемых минеральных комплексов, что позволит более правильно оценить предполагаемое месторождение по выходам, более или менее измененным процессами окисления и гипергенеза.

Для суждения о глубине распространения выявленного проявления барита целесообразно пройти единичные буровые скважины. Основанием для заложения таких скважин является геологический прогноз, для которого исходными данными служит геологическая обстановка, геофизические и геохимические аномалии и результаты вскрытия выходов баритовых руд.

На стадии поисково-оценочных работ решающая роль в прогнозировании распространения рудных тел на глубину принадлежит выявленным закономерностям их связи с геологической структурой вмещающих пород. Прогноз месторождений барита на глубину опирается на знание положения рудных залежей данного типа в складчатых структурах с учетом стратиграфического и литологического контроля оруденения.

В общем случае, для компактных месторождений барита достаточно 3—4 скважины, вскрывающие баритовые руды ниже зоны гипергенеза на двух различных глубинах, чтобы предварительно прогнозировать поведение рудных тел на глубине.

При горизонтальном положении рудной зоны поисково-оценочные скважины предпочтительнее располагать в пределах перспективной площади в пунктах, наиболее удаленных друг от друга. Сложное геологическое строение, прерывистый характер зон может обусловить необходимость проходки большего числа скважин, так как разобщенность и различная пространственная ориентировка залежей барита потребуют дифференцированной проверки прогноза оруденения на нескольких различных по геологическому строению участках перспективной территории:

Для решения вопроса о целесообразности перехода к стадии предварительной разведки необходимо по результатам поисково-оценочных работ:

- 1) определить промышленный тип месторождения на основе тщательного анализа всей имеющейся информации; 2) наметить ориентировочно контур месторождения в плане и дать прогноз распространения рудной зоны на глубину; 3) в геологически обоснованном контуре месторождения или его наиболее изученной части подсчитать запасы руд по категории C_2 ; 4) для остальной части месторождения, слабо изученной, но перспективной в отношении баритового оруденения, определить прогнозные запасы руд.

Эти данные, совместно с другими сведениями и соображениями о горно-технических условиях разработки обнаруженного месторождения и об экономике района позволят приблизительно судить о пригодности или непригодности найденного объекта для промышленного освоения.

Разведочные работы. При разведке месторождения барита прежде всего изучаются при помощи мелких горных выработок его контуры на поверхности, а затем производится разведка на глубину горными выработками и скважинами колонкового бурения.

Разведка жильных месторождений барита и виверита гидротермального типа осуществляется горными выработками в сочетании с буровыми скважинами. В районах с сильно расчлененным рельефом широко используются штольни.

Разведка месторождения должна начинаться с прослеживания и оконтуривания рудных залежей с поверхности канавами и шурфами с рассечками. Расстояния между поверхностными выработками на стадии предварительной разведки изменяются от 80—100 до 40—50 м в зависимости от размеров залежи

и сложности ее морфологии и строения. При небольшой мощности наносов целесообразно проследить поведение залежи по простиранию путем проходки сплошной канавы. Это позволит установить характер изменчивости мощности залежи, наличие или отсутствие раздувов и пережимов, безрудных участков, что будет способствовать правильному выбору системы разведки залежи на глубину. При детальной разведке сеть поверхностных выработок целесообразно сгустить до 25—50 м, а на участках наиболее сложного строения — даже до 10 м.

Глубокие горизонты должны быть разведаны горными выработками в сочетании с буровыми скважинами, причем основным типом, позволяющим получить запасы высоких категорий, являются подземные горные выработки: штольни, штреки, квершлагги, орты.

Штольневые горизонты располагаются через 40—50 м по падению залежи и проходятся по рудному телу. Проходка полевых штреков не обеспечивает выяснение характера оруденения. Для установления устойчивости мощности залежи и содержания в ней барита необходима проходка восстающих. Обычно при разведке крупных жил и зон проходится 2—3 штольневых горизонта. На жилах, не выдержанных по мощности и содержанию барита, количество штольневых горизонтов должно быть увеличено до 4—5 и на всех горизонтах пройдены восстающие. Нижние горизонты месторождения разведываются скважинами колонкового бурения. Наклон скважин определяется падением рудных залежей, таким образом, чтобы угол их встречи не был чрезмерно острым.

Все разведочные выработки должны пересечь полную мощность рудного тела. При наклонном или крутом падении углы наклона и расстояния между выработками должны быть согласованы таким образом, чтобы обеспечить получение сплошного разреза.

Применяя при разведке буровые скважины, необходимо располагать их таким образом, чтобы обеспечить получение сплошного разреза.

По скважинам колонкового бурения при пересечении рудных тел выход керна должен быть не ниже 80%. Для проверки отсутствия избирательного истирания керна необходимо сопоставить результаты его опробования с данными опробования горных выработок, шлама и мути. Сопоставление должно быть произведено по достаточному числу выработок (не менее 9—16) в зависимости от характера оруденения, так как единичное сопоставление практически ничего не дает. При низком выходе керна или избирательном его истирании вместо скважин должны быть пройдены горные выработки или увеличен диаметр скважин и изменен режим бурения, чтобы обеспечить достоверность кернового опробования. Во всех скважинах глубиной более 100 м через каждые 50 м необходимо провести измерения азимутальных и зенитных углов с целью выяснения искривления скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при определении мощности рудных тел и построении геологических разрезов.

Разведка россыпных месторождений и месторождений коры выветривания обычно производится горными выработками. Не исключена возможность их разведки скважинами колонкового бурения при подборе соответствующего диаметра. Выработки располагаются в зависимости от морфологии рудных залежей: по правильной квадратной сети, если залежь имеет изометричную форму, или по разведочным линиям, если залежь имеет удлиненную форму. На контурах залежей разведочная сеть обычно сгущается. Нередко проходятся дополнительные выработки для уточнения мощности вскрышных пород.

Ориентировкой для выбора расстояний между разведочными выработками могут служить приведенные в табл. 19 данные о плотности сети, применявшейся при разведке месторождений барита в Советском Союзе.

Документация. При документации разведочных и эксплуатационных выработок, естественных и искусственных обнажений основное внимание на гидротермальных месторождениях следует уделять процессам метаморфизации и их влиянию на состав руд, а также описанию включений, жил, даек, тектонических нарушений, зон дробления и выветривания. Всем установленным на месторождении разновидностям руд должна быть дана обстоятельная минералого-

Таблица 19

Ориентировочные данные о плотности разведочной сети, применявшейся при разведке месторождений барита в СССР

Группа месторождений	Тип месторождений	Виды выработок	Расстояния между выработками (в м) для категорий					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1	Метасоматические, представленные крупными пластообразными и линзообразными залежами, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита	Горные выработки	40—50	40—50	80—100	40—50	120—150	40—50
		Буровые скважины	—	—	40—50	40—50	80—100	40—50
2	Гидротермальные, представленные жилами, зонами субпараллельных жил и рудными столбами, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита	То же	20—40	40—50	40—80	40—50	80—120	40—50
		»	—	—	20—40	40—50	40—80	40—50
1	Месторождения выветривания, представленные россыпями и корами выветривания, относительно выдержанными по мощности и содержанию барита	Шурфы или комбинация шурфов и скважин большого диаметра	25—35	25—35	50—70	50—70	100—140	50—70

петрографическая характеристика. При этом особое внимание следует уделять описанию размеров и строения кристаллов барита и виверита, прорастанию их другими минералами.

Текстура и вещественный состав руд при поисковых работах в первом приближении могут устанавливаться путем визуального осмотра отобранных образцов. Более точное в полевой обстановке качественное и количественное определение основных минеральных компонентов руд следует производить оптическим путем. Качественное определение минералов, в частности, может осуще-

ствляться иммерсионным методом, а количественное — методом количественного микроскопического анализа.

Особенно важно определение в полевых условиях кварца и кальцита — как наиболее распространенных спутников барита, вредных для его использования в производстве препаратов барита. Для определения возможной области использования барита большое значение имеет его цвет, который следует определять при документации. Это определение может производиться в полевых условиях на глаз с применением шкал светлости (набора эталонных пластинок или порошков), с последующим уточнением в лабораторных условиях.

Опробование. Пробы для анализов берутся в горных выработках бороздой, сечение которой зависит от степени однородности руды и чаще всего колеблется от 3×5 до 5×10 см. В выработках, непрерывно прослеживающих рудные тела по простиранию или падению и вскрывающих рудные тела на полную их мощность, пробы берутся в забоях, так как пробы, отобранные в кровле, часто оказываются непредставительными. Пробы необходимо отбирать секциями, отдельно по выделенным разновидностям руд и вмещающим их породам. Расстояния между опробованными забоями зависят от однородности руд и колеблются от 5—6 до 10—20 м. Опробование подземных горных выработок, пересекающих всю мощность рудного тела (ортов, квершлагов, рассечек и др.), обязательно проводится непрерывной бороздой по одной из стенок выработок, причем борозда должна располагаться на одном и том же расстоянии от кровли или подошвы выработки. Интервалы опробования зависят от внутреннего строения рудного тела и обычно колеблются от 2 до 10 м. В канавах и шурфах, кроме выходов коренных руд, необходимо опробовать и продукты их выветривания.

Буровые скважины опробуются по керну. Длина секций принимается та же, как и в горных выработках, пересекающих рудное тело. Отобранные пробы обрабатываются по схеме, составленной в соответствии с формулой $V = Kd^2$. Значение коэффициента K определяется экспериментальным путем или принимается по аналогии с другими разведанными месторождениями и обычно составляет 0,1 при однородном и 0,5 при неоднородном качестве руд.

Изучение качества сырья. Все отобранные пробы необходимо подвергнуть анализам. Перечень компонентов, на которые анализируются пробы, зависит от вещественного состава руд и определяется кондициями. В существенно-баритовых, кварц-баритовых, кальцит-баритовых, железо-баритовых, глинисто-баритовых и песчано-баритовых рудах обычно определяется BaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , $CaO + MgO$ (в пересчете на CaO), а в флюорит-баритовых, кроме того, CaF_2 . В комплексных рудах в зависимости от их состава дополнительно необходимо определить содержание в них металлов — Pb , Zn , Ag , Mn и других элементов, которые, по данным спектральных анализов, присутствуют в рудах и могут представлять практический интерес. Содержание других компонентов, лимитируемых кондициями или ГОСТом на товарный барит (Al_2O_3 , водорастворимые соли и др.), может определяться в концентрате, получаемом после обогащения групповых проб. При наличии в рудах витерита определяется также содержание CO_2 .

По данным химических анализов следует составить баланс распределения присутствующих в руде элементов по минералам, для чего в ряде случаев необходимо произвести анализ мономинеральных проб.

Качество химических анализов должно систематически проверяться контрольными анализами так же, как это описано для флюоритовых руд.

Кроме химического состава должны изучаться физико-технические свойства барита: его белизна, плотность, способность измельчаться и другие свойства

в зависимости от намечаемой области использования барита и технологии обогащения баритовых руд и переработки баритовых концентратов. Белизна барита определяется по коэффициенту яркости.

Коэффициент яркости барита измеряют на электронном компараторе типа ЭКП-1 с применением специальной приставки при стандартном колориметрическом источнике *C* (цветовая температура 6500К), по инструкции, приложенной к прибору. Допускается определять коэффициент яркости на колориметре с непосредственным отсчетом цвета типа КНО-3 или фотоколориметрическим блескометре типа ФБ-2. За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 1 абс. %.

Объемная масса определяется лабораторным способом или путем выемки целиков отдельно для каждого, имеющегося на месторождении типа руд. Размеры целиков зависят от строения рудных тел и обычно составляют 1—3 м³. Для однородных плотных руд возможно определение объемной массы только по образцам в лабораторных условиях. Наряду с определением объемной массы следует по этим же образцам или целикам находить влажность руды.

Технологические свойства руд изучаются на представительных для каждой разновидности руд пробах. Методика производства технологических испытаний и требования к объему технологических исследований не отличаются от описанных для плавиково-шпатовых руд.

Комплексность изучения месторождений. Содержание в баритовых рудах флюорита, галенита, сфалерита, меди, золота и других полезных минералов в концентрациях, представляющих промышленный интерес, предопределяет комплексное их использование. В свою очередь барит нередко встречается в полиметаллических, флюоритовых и других рудах и может извлекаться при переработке последних.

Бесцветные кристаллы барита должны рассматриваться как оптическое сырье. Крупным потребителем барита является нефтяная и газовая промышленность, где он используется в качестве утяжелителя глинистых растворов, применяемых при бурении скважин. Все это предопределяет необходимость при разведке месторождения давать ему комплексную оценку в соответствии с требованиями ГКЗ СССР.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ

Общие сведения о минеральных пигментах и требования промышленности к их качеству. К природным минеральным пигментам относится ряд минералов и горных пород, используемых в качестве красящего вещества, без предварительной химической переработки. Природные минеральные пигменты не растворяются в воде, масле и спирте, характеризуются устойчивостью к свету, воздействию атмосферных факторов и щелочей. По цвету природные пигменты делятся на белые, желтые, красные, зеленые, синие, коричневые, серые, черные. По вещественному составу Б. В. Залесский и Ю. А. Розапов (1946) выделяют семь типов минеральных пигментов: железистоокисные и марганцево-железистоокисные, глинистые, карбонатные, углистые, кремнеземистые, сульфатные и фосфорноокисные.

Железистоокисные и марганцево-железистоокисные пигменты представляют собой природные скопления окислов железа, марганца и породы, сильно ими обогащенными. Цвет пигментов, связанных с этими образованиями, самый разнообразный: желтый, красный, коричневый и черный. Содержания окислов колеблются от 30 до 60, иногда 85%.

Глинистые пигменты представлены различными по составу и происхождению цветными глинами и глинистыми породами, в которых хромофором являются гидраты окиси железа, окись железа и марганца и органическое вещество. Цвет глинистых пигментов также различен: желтый, красный, розовый, фиолетовый, серый и черный. Содержание окиси железа и марганца колеблется от 5 до 12%, реже достигает 20—30%.

Карбонатные пигменты связаны с известняками, доломитовой мукой и мелом. Содержание окиси железа в них изменяется от 0,1 до 30%, окиси кальция от 25 до 50%. Цвет пигментов зависит от содержания указанных окислов: белый, желтый, зеленый, синий.

Углистые пигменты представлены выветрелыми бурыми углями. Углистые пигменты бывают двух цветов: коричневого и черного. Содержание хромофоров в виде органического вещества изменяется от 41 до 72%, окислов железа — от 20 до 27%.

Кремнеземистые пигменты представлены горными породами или минералами, основная часть которых состоит из связанной кремниевой кислоты: глауконит, волконскоит, лазурит и др. Цвет пигментов этого типа разнообразный: желтый, красный, розовый, синий, зеленый.

Сульфатные пигменты представлены минералами и горными породами, основную часть которых образуют сернокислые соединения. Типичным представителем пигментного сырья этого типа является ангидрит. Цвет пигментов белый, серый, желтый, в зависимости от примесей.

Фосфорнокислые пигменты представлены скоплениями образований, в которых присутствуют фосфорнокислое закисное железо и органическое вещество. Наиболее распространенным из пигментов этого типа является вивинанит, имеющий синий цвет.

Кроме перечисленных типов природных пигментов встречается пигментное сырье переходных типов: глинисто-железоокисное, глинисто-карбонатное, карбонатно-железоокисное и т. д. К минеральным пигментам, не относящимся к перечисленным типам, принадлежит графит, асфальт, киноварь и пиролюзит. Промышленностью выпускаются пигменты в довольно широком ассортименте. Наиболее распространенными являются мел, охра, сиена, мумия, сурик, умбра, природная сажа.

Мел относится к белым природным пигментам карбонатного типа. Характеризуется он чистым белым цветом и мягкостью структуры. Содержание белого цвета изменяется от 88 до 91%, а полутонных окислов от 0,1 до 0,29%. Мел в основном применяется в строительстве как самостоятельный белый пигмент или как разбавитель цветных колеров при покраске. Употребляется он исключительно с клеевым связующим.

Охра подразделяется на глинистую, железоокисную, карбонатную. Глинистая охра представляет собой глину, окрашенную гидратом окиси железа. В зависимости от содержания окислов железа, ее цвет меняется от светло-желтого до золотистого. В глинистых охрах содержание окислов железа должно быть не ниже 11%. Железоокисная охра — это окисленная железная руда, хромофором у которой служат гидраты окиси железа — гётит и лимонит. Содержание окиси железа достигает 85%.

Глинистая и железоокисная охры широко используются во всех отраслях промышленности — лакокрасочной, цементной, резиновой, бумажной, пластмассовой и др. Употребляются они с различными связующими.

Карбонатная охра — ожеженная доломитовая мука или известняк. Вследствие высокого содержания Fe_2O_3 карбонатная охра обладает интенсивной

окраской. Применяется она в тех же отраслях промышленности, что и мел. Особенно широкое использование она находит при окраске в желтый цвет цемента и асбоцемента, а также в силикатных красках.

Сиена отличается от охры повышенным содержанием гидратов окиси железа (46—69%) и меньшим содержанием глинистых минералов, вместо которых в ее состав входит коллоидальная кремниевая кислота. Цвет сиены желто-коричневый разных оттенков. Характерной особенностью сиены является лессирующая способность (прозрачность), благодаря которой она широко применяется для изготовления художественных красок, в полиграфической промышленности, литографии. Кроме того, она используется в производстве цветных карандашей и пастели. Употребляется также в лакокрасочной промышленности и строительной технике.

Мумия подразделяется на глинистую, железистоокисную и бокситную. Глинистая мумия — это глина, окрашенная в красный цвет безводными окислами железа; содержание Fe_2O_3 в ней от 20% и выше. Железистоокисная мумия — это железная окисленная руда красного цвета с содержанием безводных окислов железа от 40% и выше. Железистоокисные мумии имеют более интенсивные тона и обладают лучшей красящей способностью, чем глинистые мумии, и являются хорошим антикоррозийным пигментом.

Мумии, как глинистые, так и железистоокисные, широко применяются на железнодорожном транспорте для окраски товарных вагонов, а также в цементной и асбоцементной промышленности.

Бокситная мумия — это высокожелезистый боксит, хромофором которой служит безводная окись железа. В зависимости от содержания окиси железа она дает целую гамму красного цвета. Бокситная мумия применяется в строительной и художественной технике и других отраслях промышленности.

Сурик — окисленная железная руда, окрашенная в красный цвет гематитом. Содержание окиси железа в нем составляет от 75 до 87%. Он относится к хорошо кроющим природным пигментам и отличается светостойкостью и атмосферостойкостью. Применяется во всех отраслях промышленности.

Умбра натуральная представляет собой глину, в которой алюминий замещен железом. Присутствие в умбре некоторого количества марганца придает ей оливково-зеленый цвет с коричневым оттенком. При обжиге натуральной умбры при температуре 400—600° получают умбру жженую, что позволяет получить пигменты разных тонов. Умбры широко применяются в производстве обоев и в бумажной промышленности, в литографии и цветной печати. В малярной технике они используются с клеевым и масляным связующим.

Сажа природная, как и искусственная, получается при неполном сгорании богатых углеродом органических веществ. Хромофором у них является углерод. Сажа применяется как черный пигмент в литографии, резиновой промышленности, для производства линолеума и клеенки, для окраски кож, в строительной и художественной технике. Кроме перечисленных в значительном количестве в промышленности используются и другие пигменты: волконскоитовая зеленая, лазуритовая и азуритовая синяя, марганцевая коричневая, кассельская коричневая, серая глинистая, ярозитовая желтая и др.

Государственных стандартов на пигментное сырье нет. Требования промышленности к их качеству определяются исходя из требований ГОСТов на готовую продукцию. Основными показателями, по которым оценивается качество пигментов, являются: белизна или цветность, содержание красящего вещества (Fe_2O_3 , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 , CuO , TiO_2 и др.), содержание водорастворимых солей, pH водной вытяжки, содержание вредных примесей (свободного

кварца для охры, соединений хлора и серы для сурика железного и мумии природной и т. д.), укрупненность, маслоспособность, гранулометрический состав, содержание влаги. Для некоторых видов пигментов ГОСТами регламентируются и другие показатели: разбеливающая способность, перетираемость, водоспособность и т. д.

Генетические типы промышленных месторождений минеральных пигментов. Месторождения минеральных пигментов связаны с широким комплексом горных пород, сформировавшихся в различных условиях, причем образование самих пигментов обусловлено также различными причинами. Все это затрудняет классификацию известных промышленных месторождений минеральных пигментов. В общем виде все известные месторождения минеральных пигментов можно подразделить на четыре генетических типа: магматогенные, метаморфогенные, осадочные и выветривания.

Магматогенные месторождения минеральных пигментов разделяются в свою очередь на вулканогенные, контактово-метасоматические и гидротермальные.

Вулканогенные месторождения представлены цветными вулканическими туфами и известны в Армении (Шахназарское) и на Дальнем Востоке.

Контактово-метасоматические — представлены месторождениями лазурита, волластонита и возможно железной слюдки. Они известны в Южном Прибайкалье (лазурит), Узбекистане и Казахстане (волластонит), Таджикистане (Текелийское месторождение железной слюдки).

Гидротермальные месторождения представлены киноварью и железно-окисными пигментами.

Магматогенные месторождения минеральных пигментов немногочисленны. На большинстве из них добываемое сырье используется по другим назначениям и лишь незначительная часть — как красочное сырье.

Метаморфогенные месторождения минеральных пигментов разделяются на метаморфические и метаморфизованные.

К метаморфическим относятся месторождения графита, разрабатываемые главным образом для других целей и в небольшом количестве поставляемые для лакокрасочной промышленности.

Метаморфизованные месторождения минеральных пигментов входят в состав метаморфизованных месторождений железных руд. К этому типу относятся некоторые месторождения Кривого Рога и Курской магнитной аномалии. В криворожских месторождениях пигменты представлены глинистыми сланцами ярко-желтого и красного цвета, а также бурыми и красными железными рудами, состоящими из гётита, гидрогематита и гематита. Эти месторождения являются крупным источником пигментного сырья. В Курской магнитной аномалии пигментное сырье по составу аналогично криворожскому.

Осадочные месторождения пигментного сырья подразделяются на континентальные и морские. Среди континентальных выделяются аллювиальные и озерно-болотные. Аллювиальные месторождения характеризуются обычно низким качеством пигмента глинистого состава. Распространение залежей по площади крайне ограничено, в связи с чем промышленная ценность их невелика. Озерно-болотные месторождения многочисленны и обычно состоят из нескольких небольших по размеру линз или неправильных по форме тел мощностью до 1—2 м. Сложены они чаще всего бурыми железняками и окрашенными гидроокислами железа глинами; в их составе обычно присутствует вивианит и окисленное торфяное и углистое вещество. Месторождения этого типа распространены во многих областях европейской части Союза и в Сибири.

Морские осадочные месторождения минеральных пигментов представлены обычно крупными по площади залежами пластовой или пластообразной формы, выдержанными по мощности. Пигменты представлены глинистым, железистоокисным, марганцевым, кремнеземистым, карбонатным и углистым типом. Качество пигментов различно — от низкого до высокого. Представителями месторождений этого типа являются Журавское и Бутурлиновское глинистых охр в Воронежской области, Никопольское и Чиатурское рыхлых пиролюзитовых руд на Украине, Лопатинское (Московская область) и Дударевское (Ростовская область) глауконитовых песков и глин, Ефимятские месторождения (Пермская область) волконскоита, Коротоякское, Копанищенское (Воронежская область), Белгородское месторождения белого мела, Поплеванское (Рязанская область) и Щекинское (Тульская область) — углистых пигментов, Тихвинское (Ленинградская область), Красная Шапочка (Свердловская область), Юрюзанское (Башкирская АССР) бокситов и др.

Месторождения выветривания представлены несколькими подтипами. Элювиально-делювиальные месторождения сравнительно редки. К ним могут быть отнесены Аджитаровское — глинистых пигментов в Челябинской области, Куровское и Десятинское — карбонатных пигментов в Московской и Владимирской областях, Снуровское — углистых пигментов в Московской области.

Месторождения латеритного выветривания представлены железистоокисным и глинистым пигментным сырьем. Примерами могут быть Новокиевское и Елизаветинское месторождения на Урале и Малкинское на Северном Кавказе. Месторождения каолинового выветривания представлены породами, по составу отвечающими каолину. Месторождения типа глинистого выветривания связаны с современными и древними корами выветривания; пигментное сырье в них относится к глинистому типу и представлено охрами и мумиями. К этому типу принадлежат Берестовское (Оренбургская обл.), Тайгинское (Кемеровская обл.), Люботинское и Кремницкое (Новгородская обл.), многочисленные мелкие месторождения в Западной Сибири.

Месторождения типа железных пляж приурочены к зонам окисления многих железорудных, марганцевых, колчеданных, свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений. Они представлены пигментным сырьем самых различных типов и цветов, например, Бакальское (Южный Урал), Коунрадское и Бадамское (Казахстан), Акчанкульское (Киргизия) и др.

Инфильтрационные минеральные пигменты встречаются во многих месторождениях, но самостоятельные месторождения этого типа крайне редки. Примером может служить Баноджинское в Грузинской ССР, образованное в результате выщелачивания верхнемеловых ожелезненных известняков нисходящими водами и заполнения карстовых пустот и трещин глинисто-карбонатной массой желтого и красного цвета.

Поиски месторождений пигментного сырья. Многообразие условий образования месторождений минеральных пигментов и их вещественного состава не позволяет разработать общую методику их поисков.

Минеральные пигменты, как было отмечено выше, представлены горными породами или минералами (железные, марганцевые и другие руды, мел, известняк, киноварь, лазурит и т. д.), используемыми в основном для других целей и лишь в небольшой части — как красочное сырье. Вследствие этого поиски месторождений минеральных пигментов, как самостоятельная стадия геологоразведочного процесса, проводятся редко. Лишь для выявления осадочных месторождений минеральных пигментов глинистого типа иногда ставятся спе-

циальные поисковые работы. Обычно же минеральные пигменты выявляются при проведении или по материалам поисковых работ на полезные ископаемые для других назначений. Задача сводится лишь к установлению наличия на выявленном при этих поисках полезном ископаемом участках развития пород, пригодных для использования в качестве пигментного сырья. С этой целью просматривается вся документация поисковых работ, а по возможности и каменный материал. При просмотре основное внимание обращается на цвет пород и минералов, интенсивность их окраски и дисперсность. При этом следует иметь в виду субъективность оценки этих показателей при документации. Кроме того, горная порода или минерал во влажном состоянии, как правило, выглядят значительно ярче, чем в сухом виде. Поскольку не известно, при какой влажности производилась документация при проведении поисков на красочное сырье, данная в документации оценка цвета породы требует проверки. При наличии каменного материала такую проверку можно провести по нему. Для этого образцы, которые, согласно документации, обладают достаточно яркой окраской, высушиваются. Для определения интенсивности окраски высушенную породу или минерал дробят и растирают в ступке в тонкий порошок.

Пигментные породы, типа цветных глин, как правило, содержат значительное количество песка и других вредных примесей. Для установления их содержания следует взять 20—30 г пигментного сырья и распустить в стеклянном сосуде в 10-кратном количестве воды. При отстаивании в течение 2—3 минут на дне стакана образуется осадок песка и других примесей. Путем взвешивания полученных фракций можно установить количественное их содержание.

При отсутствии каменного материала проверка правильности оценки пигментного сырья при документации проводится непосредственно в полевых условиях. По данным просмотра документации и имеющегося каменного материала, устанавливаются и наносятся на геологические карты пласты, горизонты и площади распространения горных пород или минералов, представляющих интерес как источник красочного сырья.

Разведка месторождений пигментного сырья. Методика разведки месторождений пигментного сырья принципиально не отличается от методики разведки месторождений полезных ископаемых, с которыми они генетически и пространственно связаны. Однако, как правило, меньшие масштабы месторождений и более сложный характер распределения красящего вещества (хромофора) обуславливают необходимость проходки разведочных выработок по более плотной сети. Для небольших месторождений целесообразно разведочную сеть сгущать в два раза по сравнению с приведенной в Инструкции ГКЗ СССР по применению Классификации запасов к данному виду полезного ископаемого (глинам, железным рудам, карбонатным породам и т. д.).

Для крупных месторождений, характеризующихся значительными площадями развития пигментного сырья, разведочная сеть может быть сгущена в 1,5 раза.

Документация разведочных выработок и обнажений также ничем не отличается от принимаемой для данного вида полезного ископаемого, однако особое внимание следует обращать на изменение цвета горной породы или минерала и их оттенка.

Опробование. Отбор проб на месторождениях пигментного сырья производится из горных выработок бороздой, из скважин — по керну обычными для всех полезных ископаемых методами. Необходимо лишь проследить за тем, чтобы отобранные пробы характеризовали слои, различающиеся по цвету и вещественному составу. Если сырье неоднородно, пробы следует отбирать от

каждой разновидности. Одновременно необходимо отобрать и среднюю пробу по всей толще полезного ископаемого, особенно если отличие отдельных прослоев в цвете незначительно и селективная обработка их из-за незначительной мощности нецелесообразна. На стадии поисков пробы отбираются для производства полевых испытаний сырья. Масса их составляет 0,5 кг.

При разведке месторождений пробы отбираются для производства лабораторно-технологических исследований. Масса таких проб должна составлять от 1 до 2 кг. Отобранные пробы предварительно сушат и измельчают в фарфоровой ступке до порошкообразного состояния. Использование железных и медных ступ не допускается, так как это может привести к неправильной оценке пигментного сырья из-за привноса хромофора из материала ступ.

Исследование качества пигментного сырья. Полное и всестороннее исследование технических свойств природных минеральных пигментов требует сравнительно длительного времени и в большинстве случаев возможно при помощи специальных приборов.

На стадии поисковых работ предварительная оценка качества пигментного сырья может быть дана по небольшому числу наиболее важных показателей: цветности, гранулометрическому составу, укрывистости.

Цвет пигмента в полевых условиях определяется лишь визуально. Для этого производится покраска пигмента на бумаге — либо клеевая, либо масляная. В том случае, если пигмент предназначен для использования в клеевой краске, 10 г его растирают в фарфоровой ступке с равным по массе количеством 5%-ного раствора клея. Полученная краска наносится кистью равномерным слоем на бумагу и подсушивается. Если предполагается использовать пигмент в масляной краске, то растирание производится таким же образом с олифой в соотношении 1 : 1. При большой маслосемкости пигмента это соотношение не выдерживается: олифу добавляют до такого состояния, при котором краска легко наносится кистью. Перед нанесением краски на бумагу ее грунтуют. Для приготовления грунта берут 10 г крахмала, 10 г глицерина и 100 г воды. Вначале варится крахмальный клейстер, затем в него добавляют глицерин. После остывания состав наносят на бумагу. Качество грунтовки проверяют скипидаром: от капли скипидара на бумаге не должно появиться масляного пятна. Краску наносят на загрунтованную бумагу и дают ей высохнуть. После высыхания визуально определяют цвет краски. Определение гранулометрического состава пигмента производится по методике, описанной выше.

Укрывистость, или кроющая способность, пигментов, является одним из главных технологических свойств природных пигментов. Под укрывистостью понимается способность краски тонким и ровным слоем ложиться на поверхность и делать невидимым цвет закрашиваемого предмета.

Определение укрывистости в полевых условиях производится на стеклянной пластинке, на которой на равном расстоянии друг от друга окрашиваются полосы — одна белая и две черные (белая между черными). Белая наносится цинковыми белилами, а черная газовой сажей.

Чистую сторону пластины закрашивают краской, изготовленной на испытуемом пигменте, до тех пор, пока полосы не перестанут просвечивать в отраженном свете. Количество израсходованного пигмента на закрашку одного квадратного метра поверхности составит его укрывистость. Для ускорения определения укрывистости или при отсутствии стеклянной пластины и красок можно воспользоваться картонной шахматной доской. Проведенные в поле исследования позволяют получить лишь самую ориентировочную оценку качества изучаемых пород как пигментного сырья. Для всесторонней их оценки и

определения промышленной ценности изучаемого месторождения необходимо уточнение в лабораторных условиях характеристик пигмента по цветности, дисперсности и укрупненности и получения дополнительных данных по ряду других показателей. Важнейшими из этих показателей являются маслоспособность, светлота, красящая способность и другие, предусмотренные действующими государственными стандартами. Маслоспособность называется свойством пигментов адсорбировать то или иное количество масла, что имеет большое значение для определения экономичности использования пигмента для приготовления красок.

Светлота, или белизна — это отношение отраженного от исследуемой поверхности светового потока к потоку, который дает свет, отраженный в тех же условиях от стандартной белой поверхности. Светлота характеризует качество пигмента.

Красящая способность — свойство пигмента не терять своего основного тона при разбеливании.

Все эти и другие предусмотренные государственными стандартами показатели должны определяться в квалифицированных лабораториях по методике, регламентированной действующими ГОСТами.

Технологические испытания. Природные минеральные пигменты в большинстве своем не отвечают предъявляемым промышленностью требованиям и нуждаются в обогащении. Существующее мнение о том, что при обработке природного пигментного сырья можно не применять усовершенствованный способ обогащения, а достаточно только размолла и просеивания через сита, совершенно неправильно.

Правильно выбранный способ обогащения пигментного сырья делает его высококачественным, что позволяет получать прочные красочные покрытия. Способ обогащения зависит от типа пигментного сырья. В производстве природных пигментов приняты два основных способа обогащения пигментного сырья — сухой и мокрый. Кроме этих способов применяется также термическая обработка пигментного сырья.

Сухой способ обогащения заключается в размолла, воздушной сепарации, расसेве и является сравнительно недорогим. Однако эффективность обогащения невелика. Вследствие этого сухой способ может применяться только для обогащения однородного, высокодисперсного пигментного сырья, не содержащего пустой породы (песка, гальки и т. д.).

Мокрый способ обогащения, кроме перечисленных операций, включает еще и отмучивание. Неоднородные по вещественному составу глинистые и железистоокисные охры целесообразно обогащать по этому способу. Термическая обработка заключается в обжиге пигментного сырья, что позволяет улучшать и менять тон пигмента. Из изложенного следует, что для правильного выбора способа обогащения необходимо знание вещественного состава пигментного сырья. Поэтому перед отправкой проб на обогащение следует проводить определение всех указанных выше показателей.

Комплексность при изучении месторождений пигментного сырья. Пигментное сырье является окрашенной разновидностью полезных ископаемых, использование которых возможно по многим назначениям. Однако относительная меньшая их распространенность не позволяет рекомендовать использование пигментного сырья в других отраслях производства. Лишь при непригодности горных пород или минералов для производства пигментов целесообразно проводить исследования, позволяющие определить возможность их использования для других назначений.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономическая оценка месторождений горно-химического сырья — сложный и неоднократно повторяющийся процесс, имеющий целью определить народнохозяйственную ценность месторождения, его роль и значение в балансе минерального сырья химической промышленности, а также экономику и оптимальные условия эксплуатации. Оценка месторождения производится неоднократно после завершения каждой стадии геологического его изучения.

Исходя из того, что основной задачей поисково-оценочных работ является отбраковка проявлений минерализации, не представляющих промышленного интереса на стадии поисково-оценочных работ, устанавливаются оценочные или браковочные кондиции.

Расчет оценочных кондиций может производиться как для отдельного месторождения, так и для района в целом, в пределах которого определены крупные прогнозные запасы данного вида сырья.

В основу расчетов принимаются фактические технико-экономические показатели действующих предприятий, технико-экономические доклады по месторождениям, проектируемым к вовлечению в промышленное освоение, а также материалы по обоснованию постоянных кондиций по месторождениям, детальная разведка которых завершена. Для расчетов районных оценочных кондиций принимаются усредненные стоимостные показатели добычи, переработки, полной себестоимости 1 т сырья и оптовые цены концентратов. Для расчетов оценочных кондиций отдельного конкретного месторождения принимаются эти же показатели по аналогичным месторождениям. При расчете оценочных кондиций принимаются действующие оптовые или расчетные перспективные цены.

Геолого-промышленная оценка месторождения, производимая после окончания предварительной разведки, имеет своей конечной целью определить целесообразность проведения на месторождении детальных геологоразведочных работ и на основе имеющегося геологического материала и технико-экономических расчетов установить временные кондиции, по которым должно изучаться месторождение на стадии детальных разведочных работ.

При составлении технико-экономических расчетов, обосновывающих целесообразность постановки на месторождении детальных геологоразведочных работ, учитываются: 1) потребность народного хозяйства, экономического района и конкретного предприятия в данном виде горнохимического сырья, перспективы роста этой потребности; 2) горногеологические особенности месторождения, географическое его положение, качество и количество выявленных запасов по всем категориям, включая и запасы категории C_2 , перспективы возможного их увеличения; 3) применение передовых, наиболее оптимальных для данного типа месторождения способов добычи и переработки полезного ископаемого; 4) объем капитальных вложений и удельные капитальные вложения на единицу мощности, необходимые для освоения месторождения, коэффициент эффективности или срок окупаемости капитальных вложений; 5) себестоимость

продукции, которая может быть получена при разработке рассматриваемого месторождения с учетом издержек на поставку этой продукции к потребителю; 6) затраты, связанные с соблюдением законодательства по охране природы: рекультивации земель, сброс или захоронение промышленных отходов и т. д.; 7) возможность получения земельного отвода для строительства горнодобывающего предприятия и размеры затрат, связанных с отводом земельного участка: перенос инженерных коммуникаций, возмещение стоимости посевов, садов, огородов и т. д.

Технико-экономические расчеты производятся по укрупненным показателям.

Для определения капитальных вложений и издержек производства могут использоваться действующие нормативы и справочные материалы проектных институтов, касающиеся укрупненных затрат на производство и удельных капитальных вложений применительно к районам страны с учетом особенностей месторождения, способов добычи, систем разработок и технологии переработки полезных ископаемых. При использовании для расчетов укрупненных показателей, принятых по аналогии с разрабатываемыми месторождениями или утвержденными проектами, необходимо обосновать произведенный выбор аналогов.

В расчетах должна быть учтена стоимость извлекаемых попутных компонентов, возможность реального использования которых доказана, а также дополнительные затраты, связанные с их извлечением. Нижний предел содержания учитываемых попутных компонентов определяется технологической возможностью и экономической целесообразностью их извлечения. Необходимо также учитывать экономический эффект от использования попутно извлекаемых вмещающих и вскрышных пород.

При технико-экономических расчетах, как правило, должны использоваться действующие оптовые цены. Для дефицитных полезных ископаемых (фосфатное сырье) могут использоваться расчетные цены, апробированные Министерством химической промышленности. По результатам проведенных расчетов составляются временные кондиции.

Во временных кондициях в зависимости от геологических особенностей и предполагаемого способа разработки месторождений полезных ископаемых должны быть предусмотрены: 1) минимальное промышленное содержание полезных компонентов по подсчетным блокам, включаемым в число балансовых запасов; 2) бортовое содержание полезных компонентов в пробе, при котором производится оконтуривание запасов в случае отсутствия четких геологических границ; 3) максимально допустимое среднее содержание вредных примесей в подсчетном блоке и допустимое содержание их в пробе при оконтуривании балансовых запасов; 4) требования к выделению при подсчете запасов минерально-технологических типов и сортов полезных ископаемых в зависимости от различных способов их переработки или различных областей применения; 5) минимальная мощность тел полезного ископаемого, включаемых в подсчет балансовых и забалансовых запасов; 6) максимальная мощность пустых пород, находящихся внутри контура тел полезного ископаемого и включаемых в подсчет балансовых запасов; 7) требования к физико-механическим свойствам, устанавливаемым в кондициях для соответствующих видов минерального сырья; 8) установление в кондициях границ (в пространстве) подсчета балансовых запасов, допустимого соотношения мощностей или объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, допустимого коэффициента рудоносности; 9) требования к оценке забалансовых запасов.

Для месторождений полезных ископаемых, по которым имеются специальные ГОСТы, стандарты и технические условия, требования к качеству сырья должны находиться в соответствии с указанными стандартами и техническими условиями.

Разработка временных кондиций производится в соответствии с действующими методическими указаниями по обоснованию и расчету кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых, утвержденными Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР.

Временные кондиции утрачивают силу после утверждения Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР постоянных кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых.

Особенно ответственна геолого-экономическая оценка месторождений после проведения их детальной разведки. От правильности оценки на стадии детальной разведки зависит правильность проектного решения по добыче и переработке горнохимического сырья, темпы и сроки проектирования горнорудного предприятия.

При технико-экономическом обосновании постоянных кондиций требуется надежное определение следующих показателей: 1) способа и системы разработки месторождения; 2) годовой производственной мощности предприятия; 3) капитальных затрат; 4) себестоимости продукции; 5) цены на минеральное сырье; 6) рентабельности разработки месторождения и эффективности капиталовложений.

Выбор способа разработки месторождения обычно затруднений не вызывает. Открытым способом разрабатываются неглубоко залегающие месторождения или их части. Максимальная глубина открытой разработки определяется по равенству себестоимости руды, добытой открытым и подземным способом. Значительно сложнее определить оптимальную систему подземной разработки. Эффективность той или иной системы разработки зависит от размеров, мощности, морфологии, глубины и условий залегания тел полезного ископаемого, вещественного состава руд, ценности и физико-механических свойств руды и вмещающих пород.

Установление при разработке кондиций оптимального уровня потерь и разубоживания полезных ископаемых является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Потери полезного ископаемого образуются за счет нескрытых запасов, вскрытых запасов и отбитой руды (в забое, на транспорте, при обогащении, при погрузке и т. д.).

Каждая группа потерь оказывает различное влияние на экономику добычи и переработки полезного ископаемого. Потери нескрытых запасов не оказывают прямого отрицательного влияния на экономические показатели работы горного предприятия. Однако экономический ущерб от них определяется не только величиной непроизводительных затрат, связанных с их поисками и разведкой, но и возможным занижением производительности предприятия и срока его существования.

Потери вскрытых и отбитых запасов приводят к увеличению непроизводительных затрат на 1 т добываемого полезного ископаемого, уменьшению объема выпуска обогатительной фабрикой концентрата и запасов полезного ископаемого.

Помимо отрицательного влияния потерь, в ряде случаев за счет некоторого повышения их уровня, улучшаются технико-экономические показатели работы горных предприятий. Так, внедрение высокопроизводительных систем разра-

ботки с массовой отбойкой руды позволяет снизить себестоимость добычи полезного ископаемого и повысить производительность труда. Поэтому при определении оптимального размера потерь необходимо учитывать как их отрицательное, так и положительное влияние на экономику горного предприятия и отрасли промышленности.

Степень разубоживания зависит от горно-геологических и горнотехнических условий, а также от применяемой системы разработки месторождений. Экономический ущерб от разубоживания складывается из: непроизводительных затрат на отбойку пустой породы, доставку, транспортировку, а также переработку пустой породы или некондиционных руд на обогатительных фабриках и перерабатывающих предприятиях. Кроме того, разубоживание уменьшает ценность выпускаемого обогатительной фабрикой концентрата, ухудшает показатели обогащения и снижает производительность обогатительных фабрик. Однако в ряде случаев увеличение разубоживания способствует уменьшению потерь и более полному использованию недр.

Годовая производительность предприятия устанавливается на основе планов развития данной отрасли химической промышленности в зависимости от следующих факторов: 1) количества разведанных запасов и перспектив их прироста; 2) способа и системы разработки месторождения; 3) объема продукции горнорудного предприятия.

Максимально возможная годовая мощность в зависимости от запасов определяется по формуле

$$A = \frac{QK_{и}}{T(1-K_{р})},$$

где Q — запасы руды на месторождении, т; $K_{и}$ — коэффициент извлечения руды при добыче; T — срок существования рудника, лет; $K_{р}$ — разубоживание руды, доли единицы.

Сроки существования рудника определяются по разработанным Гипрорудой в 1963 г. Единым нормам технологического проектирования горнорудных предприятий с подземным способом разработки, согласно которым в зависимости от годовой производительности они должны быть следующими:

Минимальный срок существования рудника, лет	Годовая мощность рудника, тыс. т
10	До 300
15	300—1000
20	1000—2000
30—40	Более 2000

Определение в зависимости от запасов максимально возможной производительности рудника уточняется, исходя из выбранной системы разработки, площади фронта работ, мощности оборудования, годового понижения очистной выемки, скорости продвижения забоя и других горнотехнических факторов.

Для уточнения применяется формула

$$A = \frac{HS dK_{и}}{1-K_{р}}$$

где H — годовое понижение карьера или годовое понижение очистной выемки при подземной разработке, м; S — площадь рудной залежи в пределах карьера или под очистной выемкой, м²; d — объемная масса руды.

Определив возможную производительность предприятия по горнотехническим условиям, производят ее уточнение в зависимости от себестоимости добычи 1 т руды.

М. И. Агошков (1966) считает, что решающим фактором при выборе производительности рудника является себестоимость добычи. Однако, как правильно отмечают Е. О. Погребницкий и В. И. Терновой (1974), оптимальная производительность рудника определяется не только себестоимостью добытой руды. Не менее важное значение имеют дефицитность, степень удовлетворения им потребности народного хозяйства, размер капиталовложений и другие факторы.

Объем капиталовложений в строительство горнорудного предприятия является важнейшим фактором оценки месторождений. Капиталовложения состоят из двух частей: затраты на промышленное строительство и затраты жилищно-коммунального и культурного назначения. Первые погашаются за счет добычи и включаются по статье «амортизация» в себестоимость продукции, вторые погашаются в особом порядке и в себестоимость продукции не входят.

Затраты на строительство зданий, сооружений и горные капитальные работы определяются на основе расчетов по укрупненным показателям с использованием аналогов и поправок в зависимости от географо-экономического положения района месторождения. Затраты на оборудование рассчитываются по прейскурантным ценам с учетом транспорта, монтажа и заготовительных расходов. Особо рассчитывается стоимость новых видов оборудования.

Важное значение имеют не только общие, но и удельные капиталовложения, которые определяются по формуле.

$$K_{уд} = \frac{K_{общ}}{A_r},$$

где $K_{общ}$ — общие капиталовложения; A_r — годовая производственная мощность предприятия.

Поскольку качество руд одного и того же вида минерального сырья на разных месторождениях неодинаково, для сравнения эффективности капиталовложений следует определять их не по руде, а по товарному продукту (концентрату, удобрениям и т. д.).

Удельные капиталовложения на 1 т товарного продукта определяются по формуле

$$K_{уд. т. п} = \frac{K_{уд. р} \cdot C_{т. п}}{C_p \cdot K_n},$$

где $K_{уд. т. п}$ и $K_{уд. р}$ — соответственно удельные капитальные вложения на 1 т товарного продукта и на 1 т руды; $C_{т. п}$ и C_p — содержание полезного компонента в товарной продукции и в руде; K_n — коэффициент извлечения полезного компонента из руды в товарный продукт.

Себестоимость продукции находится в зависимости от способа и системы разработки, годовой мощности предприятия, общих и удельных капиталовложений и других факторов. Взаимозависимость всех этих факторов приводит к тому, что она может быть правильно определена только при расчете по нескольким вариантам годовой мощности предприятия, способа и системы разработки месторождения или объемов капиталовложений.

Себестоимость добычи и обогащения руды складывается из заработной платы, стоимости материалов и электроэнергии, амортизации основных фондов и прочих затрат.

Заработная плата — одна из основных статей расходов на добычу и обогащение минерального сырья. Она составляет 35—45% от всех затрат на добычу и обогащение при открытой и 65—75% — при подземной разработке месторождения. Годовой фонд заработной платы рабочих, ИТР и служащих определяется исходя из численности и среднегодовой зарплаты. Численность рабочих рассчитывается с учетом обоснованной производительности труда и объемов

годовой добычи. Численность ИТР и служащих зависит от системы разработки и годовой добычи.

Средняя годовая заработная плата определяется в зависимости от квалификации рабочих, ИТР и служащих — в соответствии с установленными тарифными ставками, окладами и расценками при сдельной работе.

Расход и стоимость материалов (ВВ, средства взрывания, сталь, твердые сплавы, крепежный лес и т. д.) рассчитываются по нормам расхода в зависимости от крепости и устойчивости пород и по оптовым ценам с учетом их транспортировки. Расход и стоимость электроэнергии определяются по нормам и отпускным ценам на электроэнергию.

Амортизационные отчисления на восстановление основных фондов слагаются из отчислений на амортизацию капитальных горных выработок, зданий и сооружений производственного назначения и из отчислений на восстановление оборудования. Первые отчисления определяются из расчета погашения стоимости капитальных выработок, зданий и сооружений производственного назначения в течение срока существования рудника, вторые — по существующему законодательству: для основного оборудования они составляют 10,2%, а для оборудования очистных работ — 15%.

Для оценки месторождения наиболее важна себестоимость 1 т конечного продукта (концентрата, удобрений, пигментов и т. д.). Эта себестоимость определяется по формуле

$$C_{к.п} = (C_g + C_o) g,$$

где C_g — себестоимость добычи 1 т руды; C_o — себестоимость обогащения (передела) 1 т руды; g — расход руды на 1 т конечного продукта.

Расход руды находят по формуле

$$g = \frac{C_k}{C_p K_n \cdot K_p},$$

где C_k и C_p — содержание полезного компонента в концентрате и в руде; K_n — коэффициент извлечения полезного компонента при обогащении; K_p — коэффициент разубоживания.

Содержание полезного компонента в руде принимается по данным подсчета запасов, содержание полезного компонента в концентрате и коэффициент извлечения — по данным технологических испытаний, коэффициент разубоживания — по данным пробной эксплуатации или по аналогии.

Себестоимость отдельных видов продукции, получаемой при переработке комплексного сырья, определяется или пропорционально распределению общих затрат на добычу и переработку комплексного сырья в соответствии с ценностью получаемых при этом продуктов, или путем прямых расчетов затрат, требующихся на каждый вид продукции.

Первый метод целесообразно применять в том случае, когда руда содержит два или более основных полезных компонентов (например, апатит и нефелин в апатит-нефелиновых рудах), причем затраты по добыче и переработке руды в одинаковой степени нужны для всех этих компонентов.

Второй метод используется для расчета себестоимости второстепенных или попутных компонентов, и только в том случае, когда процесс получения этих компонентов сопровождается дополнительными операциями и, следовательно, дополнительными затратами (например, апатит в железных рудах Ковдорского месторождения).

Рентабельность горнохимического предприятия зависит не только от себестоимости минерального сырья, но и от цены на него. В настоящее время для

расчета кондиций используются в основном оптовые цены. Действующие оптовые цены на минеральное сырье и продукцию из него построены на основе сред-неотраслевой или среднезональной себестоимости. Поскольку эти цены устанавливались при определенном состоянии сырьевой базы, то изменение ее приводит в ряде случаев к несоответствию между ценой на сырье и продукцию и затратами на их получение. Так, например, по действующим в настоящее время оптовым ценам на фосфатное сырье, разработанным в период добычи апатитовых руд Кольского полуострова, эксплуатация новых месторождений с худшими горнотехническими условиями во многих случаях является нерентабельной. Таким образом, создается ситуация, в которой с одной стороны, для удовлетворения растущей потребности народного хозяйства в фосфатных удобрениях необходимо вовлечение в эксплуатацию новых месторождений, а с другой — этого делать нельзя, так как при оценке новых месторождений по действующим оптовым ценам эксплуатация их нерентабельна.

Сложившееся положение в ряде случаев приводит к необходимости использовать при обосновании кондиций не оптовые цены, а расчетные. Однако использование расчетных цен возможно только до тех пределов, при которых общая ценность получаемой в отрасли продукции в оптовых и расчетных ценах не превышает общую ценность продукции в оптовых ценах, так как при несоблюдении этого условия вся отрасль станет убыточной. Вследствие этого представляется целесообразным для правильной оценки новых месторождений разработать перспективные оптовые цены, которые будут отражать реальные затраты на получение продукции в ближайшей перспективе (10—20 лет), исходя из вовлекаемой в промышленное освоение сырьевой базы. Перспективные оптовые цены должны без каких-либо изменений или с небольшими коррективами в последующем вводиться в действие как оптовые на данный период времени.

Рентабельность разработки месторождения определяется по разнице ценности извлекаемой из 1 т руды продукции и ее себестоимости, т. е. прибылью.

Если продукцией является руда, то прибыль с 1 т руды будет

$$П_p = Ц_p - C_p,$$

где $П_p$ — прибыль, $Ц_p$ — цена 1 т руды, C_p — себестоимость добычи 1 т руды.

Если продукцией является концентрат, то

$$П_k = Ц_k - (C_g + C_o)g,$$

где $Ц_k$ — цена 1 т концентрата; C_o — себестоимость обогащения 1 т руды; g — расход руды в тоннах, на 1 т концентрата.

Годовая прибыль предприятия определяется по следующим формулам: по руде

$$П_{p, г} = П_p \cdot A_p;$$

по концентрату

$$П_{k, г} = П_k \cdot A_k,$$

где A_p — годовая мощность предприятия по руде; A_k — годовое производство концентрата.

Важным оценочным показателем является уровень рентабельности, представляющий собой отношение прибыли к себестоимости единицы продукции

$$l_p = \frac{П_p}{C_p} \quad \text{или} \quad l_k = \frac{П_k}{C_k},$$

где l — уровень рентабельности по руде; $П_p$ — прибыль, полученная от реализации руды; C_p — себестоимость добычи руды; l_k — уровень рентабельности по

концентрату; Π_k — прибыль, полученная от реализации концентрата; C_k — себестоимость концентрата.

Уровень рентабельности обычно выражают в процентах. Для большинства видов горнохимического сырья нормативный уровень рентабельности составляет 10—15%. Получение сверхнормативной рентабельности свидетельствует о возможности снижения кондиционных требований к руде и более полного использования сырья.

Для определения экономической эффективности капитальных затрат в строительстве горнохимических предприятий применяется коэффициент эффективности капиталовложений:

$$E = \frac{\Pi_r}{K} = \frac{\Pi}{K_{уд}},$$

где Π_r — годовая прибыль предприятия, руб.; K — общие капиталовложения на строительство горнорудного предприятия; Π — прибыль с 1 т руды (концентрата, продукции), руб.; $K_{уд}$ — удельные капиталовложения на 1 т руды (концентрата, продукции).

Обратная коэффициенту эффективности капиталовложений величина t является показателем срока окупаемости капитальных затрат:

$$t = \frac{K}{\Pi_r} = \frac{K_{уд}}{\Pi}.$$

Однако вследствие разнообразия природных условий месторождений ни себестоимость, ни рентабельность не могут полностью служить критериями эффективности капитальных затрат. Наиболее объективной мерой эффективности капитальных вложений являются так называемые приведенные затраты. Приведенные затраты на 1 т минерального сырья определяются по формуле

$$Z_{пр} = C + \varepsilon K_{уд},$$

где C — себестоимость 1 т минерального сырья, руб.; $K_{уд}$ — удельные капиталовложения, руб.; ε — нормативный коэффициент приведения.

В типовой методике определения экономической эффективности капиталовложений нормативный коэффициент приведения (ε) по народному хозяйству в целом устанавливается не ниже 0,12, однако в различных отраслях фактически он изменяется от 0,08 до 0,25.

На себестоимость продукции влияет величина затрат на геологоразведочные работы. Однако сравнительно низкая рентабельность предприятий горнохимической промышленности не позволяет включить ставки возмещения затрат на геологоразведочные работы в себестоимость калийных солей, апатитов и фосфоритов. На природную серу установлена среднеотраслевая ставка, на 1 т погашенных запасов, что позволяет возмещать всего лишь менее одной трети всей суммы затрат на геологоразведочные работы по этому полезному ископаемому. На поваренную соль определена ставка возмещения затрат на геологоразведочные работы в размере 4 коп. на 1 т погашенных запасов, что обеспечивает полное возмещение затрат на эти цели. Дифференциация среднеотраслевой ставки проведена с учетом качества соли и себестоимости ее добычи. Например для группы выварочной соли ставка возмещения затрат на геологоразведочные работы определена от 4 до 25 коп. (в пересчете на 1 т добычи).

С целью стимулирования более полного использования минерального сырья установлены также штрафные ставки на сверхнормативные потери, которые составляют на калийные соли 20 коп., апатиты — 20 коп., фосфориты — 20 коп., серу природную — 1 руб. за 1 т.

Технико-экономические расчеты целесообразно осуществлять по следующей схеме;

1. Определяются запасы месторождения и качество сырья.
2. Устанавливается удельное значение запасов в балансе экономического района и всей страны.
3. Анализируется вопрос о влиянии географического положения месторождения на его промышленную ценность.
4. Устанавливается способ разработки месторождения; определяются границы карьера или рудничного поля.
5. Подсчитываются запасы полезного ископаемого в границах карьера или шахтного поля. В границах карьера подсчитывается также количество пустых пород.
6. Оцениваются инженерно-геологические и гидрогеологические условия разработки месторождения.
7. Определяется производительность рудника по сырой руде, а при открытых работах и по горной массе.
8. В соответствии с вещественным составом руды и результатами технологических испытаний намечается схема рудоподготовки и определяются основные показатели обогащения.
9. Прямым подсчетом находятся экономические показатели освоения и эксплуатации месторождения: себестоимость руды и концентрата, общие и удельные капитальные вложения в промышленное и жилищно-культурное строительство, а также внешние объекты, определяющие рентабельность будущего предприятия и срок окупаемости капитальных затрат.
10. Путем сопоставления технико-экономических показателей оцениваемого месторождения с аналогичными показателями по месторождениям, разрабатываемым или намечаемым к разработке, устанавливается сравнительная промышленная ценность месторождения.
11. Приводятся соображения о возможных сроках освоения месторождения, исходя из обеспеченности современной и перспективной потребности в сырье, а также запасами, тяготеющими к месторождению района.

Разработка ТЭО кондиций производится на основе применения прогрессивной техники и технологии добычи и переработки сырья, освоенной передовыми предприятиями отрасли или принятой в проектах строительства, с соблюдением законодательных положений в области охраны труда и природы. Выбор технологических схем переработки сырья производится в основном по результатам полупромышленных испытаний, а по труднообогатимым рудам (в случае необходимости) — по исследованиям в промышленных условиях, в объемах, обеспечивающих проектирование перерабатывающего предприятия.

При выполнении технико-экономических расчетов, обосновывающих кондиции по месторождениям горнохимического сырья, должны учитываться запасы категорий $A + B + C_1$ по всему месторождению или по той части крупного месторождения, которая намечается для освоения. При этом степень разведанности месторождения или его части, намечаемой к разработке, технологическая изученность основных и попутных компонентов должна обеспечивать возможность составления проекта, его освоения и выделения капиталовложений на строительство нового и реконструкцию действующего горнодобывающего предприятия. Запасы категории C_2 , а также забалансовые запасы принимаются во внимание для оценки возможности дальнейшего развития горнодобывающего предприятия, а также при выборе территории для размещения отвалов пустых пород, хвостохранилищ, застройки объектами производ-

ственного и жилищного назначения и при решении других вопросов, связанных с разработкой месторождения.

Для оценки месторождения существенное значение имеет вопрос о возможности и целесообразности использования забалансовых запасов. Особенно часто такое положение встречается при разработке месторождения открытым способом, когда забалансовые запасы попадают в границы карьера и неизбежно должны извлекаться при добыче балансовых запасов. Затраты на извлечение забалансовых руд в этом случае учитываются в сумме затрат на удаление пустых пород и переносятся на себестоимость сырья через коэффициент вскрыши. Себестоимость 1 т забалансового сырья принимается равной нулю, а себестоимость концентрата из забалансового сырья определяется только затратами по доставке руды на фабрику, если расстояние от карьера превышает таковое до отвала.

В постоянных кондициях на горнохимическое сырье должны быть предусмотрены:

1. Минимальное промышленное содержание полезного компонента, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат на получение товарной продукции при нулевой рентабельности эксплуатации. Этот параметр должен устанавливаться применительно к подсчетному блоку. В отдельных случаях при наличии специального технико-экономического обоснования допускается его отнесение к группе блоков или в целом для небольшого месторождения.

2. Бортовое содержание полезных компонентов в пробе, при котором производится оконтуривание запасов по мощности (пересечению разведочной выработкой) рудного тела в случае отсутствия четких геологических границ. Устанавливается, как правило, на основе повариантных технико-экономических расчетов. Количество вариантов бортовых содержаний должно быть достаточным для обоснования оптимальной его величины (обычно не менее 3—4 при наличии значений больше и меньше оптимальных). В последнее время наметилась четкая тенденция к снижению бортового содержания, приводящая к уменьшению потерь полезного ископаемого в недрах. Однако это не всегда технологически и экономически оправдано. На многих сложных месторождениях потери полезного ископаемого часто обратно пропорциональны разубоживанию. Чем ниже потери, тем выше разубоживание, экономический ущерб от которого обычно в несколько раз выше, чем от потерь минерального сырья в недрах. В некоторых случаях разубоживание может привести к усложнению технологической схемы обогащения и переработки минерального сырья, снижению показателей извлечения полезного компонента и качества концентрата или товарного продукта. Иногда вследствие разубоживания исключается возможность технологического передела минерального сырья. Все это требует конкретного и всегда индивидуального подхода к выбору бортового содержания: 1) минимальное содержание полезных компонентов по пересечению рудного тела (полезного ископаемого) выработкой для оконтуривания рудного тела (полезного ископаемого) по простиранию и падению; 2) максимально допустимое содержание вредных примесей в подсчетном блоке по пересечению (интервалу) или в пробе; 3) требования к выделению при подсчете запасов типов и сортов полезного ископаемого, исходя из технологических свойств, определяющих различные способы переработки или различные области использования сырья. В необходимых случаях устанавливается минимальный выход товарной продукции и основного сорта сырья; 4) требования к горнотехническим условиям отработки, качеству сырья, технологическим его свойствам для подсчета балансовых запасов попутных компонентов и совместно залегающих

полезных ископаемых (перекрывающих, подстилающих или вмещающих пород), доступных для обработки; при комплексной оценке горнохимического сырья требования к качеству сырья и горнотехническим условиям обработки устанавливаются применительно к каждой из намеченных областей его использования; 5) коэффициенты для приведения содержаний ценных попутных компонентов к условным содержаниям основного компонента; минимальные содержания компонентов, учитываемые при приведении; 6) минимальные мощности тел полезных ископаемых (пластов, залежей, жил и т. д.) или соответствующий минимальный метропроцент; в случае необходимости минимальные мощности полезного ископаемого по типам, сортам (маркам); 7) максимально допустимая мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, находящихся внутри контура полезного ископаемого и включаемых в подсчет запасов; 8) минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, участков; 9) максимальная глубина подсчета запасов; предельный коэффициент вскрыши или максимально допустимое соотношение мощностей вскрышных пород и полезного ископаемого; требования, предусматривающие проведение подсчета запасов в экономически обоснованных контурах разработки.

В зависимости от геологического строения месторождения, горно-геологических условий его разработки, состава минерального сырья и требований промышленности условиями устанавливаются только те из показателей, которые необходимы для промышленной оценки данного месторождения.

В отдельных случаях могут устанавливаться и другие показатели кондиций. В частности, для сложных месторождений с прерывистым распределением полезного ископаемого, когда кондиционные руды не могут быть околонтурены и подсчет запасов производится статистически в кондициях, устанавливается минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке.

Определение показателей кондиций производится в соответствии с методическими указаниями ГКЗ СССР по обоснованию и расчету кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых.

ТЭО (технико-экономические обоснования) постоянных кондиций на горнохимическое сырье разрабатываются отраслевыми проектными или специализированными научно-исследовательскими институтами по поручению организаций, ведущих геологоразведочные работы, а также геолого-экономическими подразделениями этих организаций. Материалы ТЭО кондиций представляются на утверждение ГКЗ СССР министерствами и управлениями геологии союзных республик и производственными объединениями Министерства химической промышленности.

ТЭО кондиций до представления в ГКЗ СССР должны быть рассмотрены организациями, проводившими геологоразведочные работы (геологические управления, тресты и т. д.), горнодобывающими предприятиями отрасли (комбинаты, объединения), в районе деятельности которых оно находится, а также республиканскими — Министерством (управлением) геологии, Госпланом и соответствующим отраслевым министерством (управлением). Заключение этих организаций направляются в ГКЗ СССР совместно с материалами технико-экономических обоснований кондиций.

Содержание, оформление материалов и порядок представления технико-экономического обоснования постоянных кондиций регламентируются инструкцией ГКЗ СССР о содержании и порядке представления на утверждение ГКЗ СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых, которыми и следует руководствоваться.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Подсчет запасов является завершающим звеном каждой стадии геолого-разведочных работ. Он производится после окончания поисков для предварительного суждения о масштабе вновь выявленного месторождения, после завершения предварительной разведки — для производства технико-экономических расчетов, определяющих промышленную ценность месторождения, а после детальной его разведки — для утверждения запасов и передачи месторождения в промышленное освоение.

При подсчете запасов обобщаются все материалы, полученные в процессе геологического изучения месторождения и его разведки. По результатам подсчета запасов решаются вопросы промышленной оценки его, определяется дальнейшее направление разведочных работ; подсчитанные запасы берутся за основу для составления проекта разработки месторождения.

Оконтуривание тела полезного ископаемого. Правильность проектных решений по вскрытию и подготовке месторождения к эксплуатации во многом определяется точностью и надежностью установления контура залежи полезного ископаемого. Обоснованное определение границ распространения полезного ископаемого, пригодного для промышленного использования, является также одним из важнейших условий правильного определения количества запасов.

Для оконтуривания тела полезного ископаемого необходимо хорошее знание геологического строения месторождения, условий залегания, форм залежей минерального сырья и закономерностей изменения его состава, качества, технологических свойств, горнотехнических и гидрогеологических особенностей.

Прежде чем приступить к оконтуриванию, необходимо решить вопрос о том, какие запасы в условиях данного месторождения следует считать промышленными в настоящее время (балансовыми), какие из них могут представлять интерес в будущем (забалансовые), что относить к пустым породам и не включать в контур промышленных запасов. Решение этого вопроса связано с условиями. Поэтому, приступая к оконтуриванию тел полезных ископаемых, необходимо иметь обоснованные условия, утвержденные в установленном порядке.

Оконтуривание месторождения или отдельных его участков, по которым намечается произвести подсчет запасов полезного ископаемого, заключается в установлении опорных точек, через которые затем проводят линии контура. Опорные точки устанавливаются по данным горных выработок, буровых скважин, естественных выходов горнохимического сырья и геофизических наблюдений.

Контур, проведенный через точки, в которых полезная толща отвечает требованиям промышленности по качеству минерального сырья и горнотехническим условиям разработки месторождения, называется промышленным. Внутри этого контура заключаются балансовые запасы полезного ископаемого. Внутри промышленного контура могут выделяться запасы минерального сырья разного типа и сорта, а также разведанные с различной степенью детальности.

Поэтому в задачу оконтуривания входит выделение в отдельные блоки участков месторождения, характеризующихся различным составом и качеством горнохимического сырья, а также разведанных с различной степенью детальности. За пределами промышленного контура могут размещаться забалансовые запасы, которые в настоящее время не используются промышленностью, но могут представить практический интерес в будущем.

Оконтуривание по мощности тела полезного ископаемого практически сводится к установлению мощности, в пределах которой качество минерального сырья удовлетворяет требованиям промышленности.

При четких геологических границах тела полезного ископаемого и выдержанном качестве сырья мощность тела полезного ископаемого устанавливается непосредственно замером в горных выработках или по данным бурения. Соответствие качества сырья требованиям промышленности подтверждается данными опробования.

При невыдержанном качестве полезного ископаемого, имеющего четкие геологические границы с вмещающими породами, внешний контур тела полезного ископаемого может быть установлен также путем непосредственного замера в горных выработках или по данным бурения. Неоднородность сырья не исключает возможность выделения внутри промышленного контура интервалов некондиционных пород, мощность которых устанавливается кондициями.

При отсутствии четких геологических границ тела полезного ископаемого с вмещающими породами внешний контур его находится по данным опробования. Оконтуривание производится по предельному значению содержания полезных и вредных компонентов, при которых возможно промышленное использование горнохимического сырья. Большое количество лимитируемых компонентов требует при установлении промышленного контура полезного ископаемого учета технологии переработки сырья и горнотехнических условий разработки месторождения. В ряде случаев целесообразно включать в промышленный контур отдельные пробы или ряд проб с содержанием того или иного компонента, не удовлетворяющего требованиям промышленности, так как более благоприятное содержание этих компонентов в других пробах обеспечит получение пригодного для промышленного использования сырья в пределах эксплуатационного уступа.

Оконтуривание полезного ископаемого по площади проводится:

1. По опорным точкам, соответствующим выработкам или обнажениям, вскрывшим кондиционное сырье. В этом случае промышленный контур проводится путем соединения точек, вскрывших тело полезного ископаемого, удовлетворяющее требованиям кондиций по мощности, горнотехническим условиям разработки и качеству сырья.

2. Между двумя крайними выработками, в одной из которых полезное ископаемое характеризуется кондиционными показателями, а в другой некондиционными; при закономерном изменении лимитируемых кондициями показателей точка, через которую проходит контур тела полезного ископаемого, находится путем интерполяции, причем за опорные точки принимаются найденные интерполяцией точки, в которых показатели соответствуют минимальным требованиям кондиций; при отсутствии закономерности в изменении показателей, промышленный контур обычно проводят по середине расстояний между выработками.

3. Между двумя крайними выработками, одна из которых вскрыла кондиционное сырье, а в другой полезное ископаемое отсутствует при закономерном

изменении показателей опорные точки следует находить графически, путем построения графика «выклинивания» показателя в каждом направлении. Нахождение опорных точек при помощи среднего угла выклинивания не рекомендуется. При отсутствии закономерности в изменении показателя опорные точки иногда находятся при помощи нулевого контура, проводимого посередине между выработками, вскрывшими и не встретившими полезное ископаемое, с последующей интерполяцией между точкой нулевого контура и выработкой, встретившей полезное ископаемое. Указанный прием рекомендован быть не может, так как отсутствие закономерности в изменении показателей исключает возможность интерполяции. В этом случае опорные точки рекомендуется проводить на $1/4$ расстояния между выработками, если расстояние между ними не превышает принятого для категории C_1 .

4. За пределами крайних выработок, вскрывших кондиционное полезное ископаемое при отсутствии выработок, ограничивающих экстраполяцию. При закономерном изменении показателя внешний контур находится графически по скорости изменения показателя в каждом направлении. При отсутствии закономерности — величина экстраполяции определяется с учетом предполагаемых размеров тела полезного ископаемого, выдержанности его мощности, состава и качества, геологических предпосылок изменения мощности и качества, устанавливаемых на основе литолого-фациального анализа продуктивного горизонта и вмещающих его пород. Обычно величина экстраполяции не превышает расстояния, принятого между выработками для категории C_1 , но иногда при большой устойчивости тела полезного ископаемого на значительных расстояниях может значительно его превышать.

Определение основных параметров подсчета запасов. Кроме площади распространения полезного ископаемого, которая устанавливается при оконтуривании, для подсчета запасов требуется знание значения средней мощности тела полезного ископаемого, среднего содержания полезных и вредных компонентов и других показателей, характеризующих качество сырья.

Как уже было указано выше, мощность тела полезного ископаемого устанавливается по данным разведочных и эксплуатационных выработок, а также естественных обнажений. В ряде случаев мощность тела полезного ископаемого определяется косвенными методами — расчетом, интерполяцией или экстраполяцией.

Для подсчета запасов в зависимости от выбранной плоскости проекции тела полезного ископаемого и мощности определяются: истинные, если тело проектируется на плоскость падения залежи, вертикальные, при подсчете запасов на горизонтальной проекции и горизонтальные — при подсчете запасов на вертикальной проекции.

При определении мощности тела полезного ископаемого по данным бурения, вскрытая мощность устанавливается по интервалу проходки по полезной толще, без учета величины выхода керна. Для проектирования разработки месторождения требуется знание истинной мощности тела полезного ископаемого, поэтому в отчете должны приводиться данные об этом.

Для перевода мощности из одного вида в другой применяют следующие формулы:

$$m_{\text{н}} = m_{\text{г}} \sin \alpha; \quad m_{\text{в}} = m_{\text{г}} \cos \alpha,$$

где $m_{\text{н}}$ — истинная мощность тела полезного ископаемого; $m_{\text{г}}$ — горизонтальная мощность; $m_{\text{в}}$ — вертикальная мощность; α — угол наклона пласта к горизонту.

При разведке наклонными буровыми скважинами крутопадающих толщ скважина часто проходит не по какому-либо из трех названных направлений, а пересекает пласт по некоторому другому направлению. Для перевода вскрытой мощности в одну из требуемых пользуются следующими формулами:

$$m_n = m \sin(\alpha + \beta); \quad m_r = \frac{m \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}; \quad m_b = \frac{m \sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha},$$

где m — вскрытая мощность тела полезного ископаемого; β — угол наклона выработки к горизонту.

Определение средних значений мощности тела полезного ископаемого в пределах отдельных подсчетных блоков при подсчете запасов минерального сырья, используемого химической промышленностью, чаще всего производится методом среднего арифметического по формуле

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n},$$

где m — средняя мощность тела полезного ископаемого по подсчетному блоку; $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ — мощность в отдельных сечениях, находящихся в контуре блока; n — количество сечений, участвующих в вычислении средней мощности.

Метод среднего арифметического для определения средней мощности может быть применен во всех случаях, за исключением тех, когда изменение его происходит закономерно (например, постепенное выклинивание залежи по простиранию или падению), а выработки распределены неравномерно.

Однако и при незакономерном изменении мощности тела полезного ископаемого в случаях очень больших колебаний в расстояниях между пунктами замеров мощностей применение метода среднего арифметического для вычисления средней мощности требует осторожного подхода. Возможно, что густая сеть выработок пройдена в местах раздува или пережима тела полезного ископаемого, и поскольку количество замеров мощности в этой части большое, удельный вес этих замеров будет непропорционально большим и средняя мощность искажена. В этом случае отрезок, на котором сгущена разведочная сеть, следует приравнять к тому или иному количеству единичных замеров в зависимости от длины участков, характеризующихся отклонением мощности и принятой нормальной сети замеров на остальной части блока или путем взвешивания на длину влияния выработок.

Средневзвешенный метод определения средней мощности применяется также при закономерном изменении мощности тела полезного ископаемого. Вычисления производят по формуле

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где m — средняя мощность тела полезного ископаемого в подсчетном блоке; m_1, m_2, \dots, m_n — мощность в отдельных пересечениях, находящихся в контуре блока; l_1, l_2, \dots, l_n — длина влияния данного замера мощности.

Определение средних содержаний полезных и вредных компонентов также производится методом среднего арифметического и среднего взвешенного.

Средние содержания полезных и вредных компонентов в пределах одного сечения всегда, за исключением случая, когда опробование производилось

равными интервалами, должны определяться методом взвешивания на длину интервала опробования, по формуле

$$c_{\text{cp}} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где c_{cp} — среднее содержание компонента в сечении; c_1, c_2, \dots, c_n — содержание компонента в отдельных пробах, участвующих в вычислении среднего; l_1, l_2, \dots, l_n — длина соответствующего интервала пробы.

Способ определения среднего содержания по подсчетному блоку обусловливается характером распределения компонентов в теле полезного ископаемого и расположением разведочных выработок. Работами И. В. Володомонова (1944), В. И. Смирнова (1950) и других доказано, что применение метода среднего взвешенного для определения среднего содержания компонентов правильно лишь при наличии прямой или обратной корреляции между содержанием данного компонента и каким-либо другим параметром (мощностью, направлением по падению или простиранию и т. д.) при неравномерной сети выработок. Во всех остальных случаях среднее содержание компонентов следует вычислять способом среднего арифметического.

Позднее появились работы Л. Ф. Залаты (1959) и А. А. Петрова (1962), в которых рекомендуется вычисление среднего содержания производить методом среднего арифметического. К противоположному выводу приходят А. В. Карпов и Я. В. Краснов (1963). По их мнению, определение среднего содержания компонента в блоке, при наличии зависимости между мощностью и содержанием должно производиться методом среднего взвешенного.

Анализ причин различных выводов Л. Ф. Залаты и А. А. Петрова, с одной стороны, А. В. Карпова и Я. В. Краснова, с другой — показывает, что при выборе способа вычисления среднего содержания следует учитывать не только наличие корреляционной связи между содержанием и мощностью, но и характер этой связи.

Если изменение содержания не зависит от мощности или зависимость выражается уравнением прямой, вычисление среднего содержания должно производиться методом среднего арифметического. При зависимости, выражающейся гиперболической кривой, вычисление среднего содержания должно производиться методом среднего взвешенного.

Вычисление среднего содержания компонента в блоке методом среднего арифметического производится по формуле

$$C_{\text{cp}} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n},$$

где c_{cp} — среднее содержание компонента в блоке; c_1, c_2, \dots, c_n — содержание компонента в отдельных пересечениях пласта; n — число пересечений, участвующих в выводе среднего.

Для определения среднего содержания в блоке методом среднего взвешенного применяются следующие формулы:

$$c_{\text{cp}} = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; \quad c_{\text{cp}} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

ИЛИ

$$c_{\text{cp}} = \frac{c_1 S_1 + c_2 S_2 + \dots + c_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n},$$

где m_1, m_2, \dots, m_n — мощность тела полезного ископаемого в отдельных опробованных сечениях; l_1, l_2, \dots, l_n — длина влияния соответствующего сечения по падению или простиранию; S_1, S_2, \dots, S_n — площадь влияния соответствующего сечения, остальные обозначения те же.

Рациональные методы подсчета запасов. В практике подсчета запасов горнохимического сырья в настоящее время широко применяются два метода: геологических блоков и разрезов.

Метод геологических блоков при правильном его использовании лучше, чем любой другой, позволяет учитывать и отражать особенности строения месторождения, изменение состава и качества сырья и поэтому должен рассматриваться как основной метод подсчета запасов полезных ископаемых, используемых химической промышленностью.

При подсчете запасов методом разрезов, по данным разведочных выработок, строят геологические разрезы, на которых изображается сечение тела полезного ископаемого. Метод разрезов обуславливает необходимость закладки разведочных выработок по параллельным линиям. В подсчетный блок обычно объединяются запасы полезного ископаемого, заключенного между двумя соседними разрезами.

Объем блока вычисляют в зависимости от его формы по одной из следующих формул:

1. Если площади сечений тела полезного ископаемого, ограничивающие блок, более или менее равновелики, по формуле призмы:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} l,$$

где V — объем блока; S_1 и S_2 — площади параллельных сечений; l — расстояние между разрезами.

2. Когда площади параллельных сечений, ограничивающих блок, имеют изометричную форму и подобны, но по величине резко различны (более чем на 40%), объем блока вычисляют по формуле усеченной пирамиды:

$$v = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} l.$$

3. Для крайних блоков, которые опираются только на одно сечение, объем может быть определен:

а) по формуле клина

$$v = \frac{S_1}{2} l_1,$$

где l_1 — расстояние от плоскости сечения до линии выклинивания тела полезного ископаемого;

б) по формуле конуса

$$v = \frac{S_1}{3} l_1,$$

в) по формуле усеченной пирамиды (приведена выше).

При выделении подсчетных блоков по методу разрезов отдельные сечения, а следовательно, и выработки, на которых основываются эти сечения, принимают неодинаковое участие в определении запасов месторождения. При этом чем большее расстояние отделяет данное сечение от соседних, тем шире его влияние. Таким образом, объем тела полезного ископаемого по существу определяется способом взвешивания площадей разрезов на длины их влияния, что, как известно, правильно только в тех случаях, когда существуют зависимости

формы тела полезного ископаемого в определенном направлении. Однако такие случаи встречаются редко.

Второй недостаток метода разрезов заключается в выделении блоков не по принципу однородности геологического строения, а по разрезам, построенным по случайным в геологическом отношении линиям разведочных выработок.

И наконец, третий недостаток метода разрезов — небольшое количество выработок, находящихся в плоскости разреза, что обуславливает малую достоверность характеристики строения и качества полезного ископаемого как в плоскости сечения, так и в целом по блоку, заключенному между двумя разрезами.

Указанные недостатки могут быть устранены при подсчете запасов методом геологически однородного разреза. Для вычисления объема тела полезного ископаемого этим методом, разрезы, построенные по разведочным линиям, объединяют в пределах части месторождения, характеризующейся однородным строением, и объем вычисляют по следующей формуле:

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n} l,$$

где V — объем тела между крайними сечениями; S_1, S_2, \dots, S_n — площади отдельных сечений; n — количество сечений; l — расстояние между крайними сечениями.

Применение метода геологически однородного разреза значительно сокращает расчеты и повышает достоверность оценки запасов в отдельных подсчетных блоках.

На достоверность подсчета запасов большое влияние оказывает правильность выделения подсчетных блоков.

Выделяя подсчетные блоки, следует иметь в виду, что *подсчетный блок — это участок месторождения, однородный по строению, составу и качеству полезного ископаемого, находящийся в одинаковых горнотехнических условиях разработки и изученный с одинаковой степенью детальности во всех частях.*

С целью повышения достоверности подсчитанных запасов полезных ископаемых рекомендуется при выделении подсчетных блоков руководствоваться следующими основными принципами.

1. Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным и характеризоваться: а) одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество минерального сырья и горно-геологические условия его разработки; б) однородностью геологического строения или одинаковой степенью его сложности и близкой степенью изменчивости мощности, строения, вещественного состава полезного ископаемого и основных показателей качества и технологических свойств сырья; в) выдержанностью условий залегания, определяемой приуроченностью блока к единому структурному элементу месторождения (крылу или замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями и т. д.); г) общностью горнотехнических условий разработки.

2. Контур блока должен ограничиваться естественными границами тел полезных ископаемых, линиями, проходящими через разведочные или эксплуатационные выработки, по которым получены необходимые для оценки запасов данные, или линиями интерполяции (экстраполяции), обоснованными геологическими (геофизическими) исследованиями.

3. По месторождениям с неравномерным распределением полезных компонентов или с резко изменчивой мощностью тел полезных ископаемых запасы в блоке не должны превышать размеры годовой добычи предприятия.

4. Размер и форма блока должны обеспечивать необходимую точность планиметрирования. На подсчетных планах и разрезах стороны блока должны иметь длину не менее 50 мм, следует также избегать выделения блоков излишне вытянутой или остроугольной формы.

Сопоставление данных разведки и эксплуатации многих месторождений различных полезных ископаемых свидетельствует о низкой достоверности подсчета запасов в пределах небольших блоков, опирающихся на небольшое количество выработок, и о высокой точности подсчета запасов всего месторождения или крупного участка его.

Оптимальный размер подсчетных блоков определяется двумя факторами: строением месторождения и плотностью разведочной сети, причем решающее значение имеет строение месторождения. Важно, чтобы подсчетный блок опирался на минимально необходимое число пересечений. Практикой установлено, что число таких пересечений должно быть не менее 9 на простых месторождениях и не менее 25 — на сложных.

При определении категории запасов в блоке следует руководствоваться Классификацией запасов твердых полезных ископаемых и соответствующими инструкциями ГКЗ СССР по ее применению.

Определение подготовленности месторождения для промышленного освоения. По существующему положению составление проектов на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий может проводиться при наличии на месторождении или его участке утвержденных Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (или в соответствующих случаях территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых Министерства геологии СССР) балансовых запасов полезных ископаемых категорий А, В и С₁.

Требуемое соотношение запасов категорий А, В и С₁ устанавливается Классификацией запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Однако одного соотношения запасов недостаточно для того, чтобы считать месторождение подготовленным для промышленного освоения.

Месторождение может быть признано подготовленным для передачи его в промышленное освоение, если: 1) запасы высоких категорий (А и В) подсчитаны на участках первоочередной разработки и представительных по строению и качеству сырья для всего месторождения; 2) околонтурены и оценены запасы категории С₂, отражающие перспективы месторождения; 3) изучены гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения с детальностью, необходимой для составления проекта его разработки; 4) оценено промышленное значение всех содержащихся в руде полезных компонентов, пород вскрыши и хвостов обогатительной фабрики; 5) установлены источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения и дана им предварительная оценка, достаточная для обоснования проведения в дальнейшем специальных гидрогеологических работ; 6) установлена потребность в строительных материалах и указаны источники ее покрытия; дана оценка развитых в районе строительных материалов; 7) решены вопросы сброса, очистки, захоронения сточных вод, рекультивации земель, переноса в случае необходимости находящихся на площади месторождения зданий, сооружений, транспортных и других коммуникаций, садов и заповедников.

При намечаемой комбинированной системе разработки месторождения — верхних горизонтов карьером, а нижних — подземными горными выработками при определении подготовленности месторождения для промышленного освоения нельзя ориентироваться на общие запасы месторождения и общее соотно-

шение запасов категорий А, В и С₁. Различия в условиях залегания тела полезного ископаемого, горнотехнических и гидрогеологических условиях, технологических свойствах сырья и его качества требуют для обеспечения составления технически правильного проекта разработки месторождения детального изучения особенностей строения и состава каждой части месторождения, что и предопределяет необходимость выявления запасов категории А, В и С₁ в требуемых соотношениях раздельно для намечаемых к обработке открытым и подземным способом.

Разработка месторождения, состоящего из нескольких изолированных залежей, может быть разрешена при наличии общего для всех залежей соотношения запасов категории А, В и С₁, если все залежи будут отрабатываться одним карьером. В том случае, если разработка отдельных залежей намечается отдельными самостоятельными карьерами, — для каждой из них требуется наличие установленного соотношения запасов категорий А, В и С₁, так как слабая разведанность отдельных залежей не позволяет гарантировать целесообразность организации на них горнодобывающего предприятия.

Оформление материалов подсчета запасов. Материалы по подсчету запасов выносятся на рассмотрение ГКЗ СССР после утверждения кондиций.

Организации, предполагающие внести материалы подсчетов запасов на утверждение, обязаны представить в ГКЗ СССР список месторождений, запасы которых подлежат рассмотрению в течение года, с указанием календарных сроков представления материалов.

Материалы подсчета запасов должны быть представлены в ГКЗ СССР в четырех экземплярах. Одновременно представляется в пяти экземплярах справка авторов отчета о геологическом строении месторождения и проведенных на нем работах. Представление материалов по частям не допускается.

Требования к объему и содержанию материалов, обосновывающих подсчет запасов разведанного месторождения, определяются инструкциями ГКЗ СССР о порядке внесения, содержании и оформлении материалов по подсчету запасов рудных и нерудных полезных ископаемых для утверждения в ГКЗ СССР.

- Алексенко И. И.* Методика разведки месторождений самородной серы в Предкарпатье. Мат-лы по методике разведки полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 501—508.
- Андреичев А. Н.* Разработка калийных и каменносолевых месторождений. М., Госхимиздат. Ч. I, 1953. 133 с. Ч. II., 1954. 102 с.
- Аренс В. Ж., Иванников И. А., Суль М. Ф.* Перспективы использования подземной выплавки серы на месторождениях Предкарпатского бассейна и специфика геолого-гидро-геологических работ при доразведке. — «Тр. ГИГХС», 1968, вып. 17, с. 5—12.
- Аренс В. Ж., Гайдин А. М.* Геотехнология и геология. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 9, с. 26—32.
- Арсеньев А. А., Вировлянский Г. М., Смирнов Ф. Л.* Генетические типы промышленных месторождений апатита. М., «Недра», 1971. 238 с.
- Банера Н. И.* Литолого-минералогическое расчленение пород галогенной толщи Прикаспийской синеклизы радиометрическими методами исследования скважин. — «Тр. ВНИИГ», 1969, вып. 41, с. 184—198.
- Барышев Н. В.* Контроль опробования. М., Госгеолтехиздат, 1948. 87 с.
- Баскакова М. И., Рослова З. П.* Разработка рациональной схемы обогащения мелких фракций Аксайской руды бассейна Каратау. — «Тр. ГИГХС», 1973, вып. 20, с. 179—186.
- Берлин Л. Е., Перцев Н. Н.* Бор. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 69. М., Госгеолтехиздат, 1961. 52 с.
- Бирюков В. И., Королев Б. Н., Петров В. А.* Определение оптимальной сети предварительной разведки пластообразных месторождений, М., «Недра», 1972. 96 с.
- Бобко П. С.* Методы подземного выщелачивания соляных залежей. — «Тр. ВНИИГ», 1972, вып. 56, с. 146—175.
- Борзунов В. М.* Задачи повышения эффективности работ при разведке и изучении нерудного минерального сырья. — В кн.: Мат-лы ГКЗ. Сб. I. М., 1959, с. 41—50.
- Борзунов В. М.* Мел. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 6. М., Госгеолтехиздат, 1962. 30 с.
- Борзунов В. М.* Анализ методических положений при разведке нерудного сырья на основе современного опыта. Мат-лы по методике разведки полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 541—548.
- Борзунов В. М.* Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья. М., «Недра», 1965. 272 с.
- Борзунов В. М.* Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. М., Недр, 1969. 336 с.
- Борзунов В. М.* Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного сырья. Изд. 2. М., «Недра», 1971. 320 с.
- Борзунов В. М., Дудникова Л. Т.* Использование данных геофизических методов при разведке и подсчете запасов флюорита. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 11, с. 15—17.
- Борзунов В. М., Кулакова Г. И.* Основные проблемы методики разведки и промышленной оценки месторождений плавикового шпата. — В кн.: Тезисы докладов I Всесоюзного совещания по флюориту. ОЭП ВИМС. М., 1974, с. 111—112.
- Быбочкин А. М.* Основные требования к комплексному изучению и учету полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 10, с. 18—24.
- Быбочкин А. М.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 9, с. 1—5.
- Валеев Р. Н., Шайхутдинова Ф. Г.* Тектонические критерии прогноза и поисков месторождений самородной серы и перспективы их поисков. М., 1974, с. 139—144.
- Валяшко М. Г.* Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ, 1962. 397 с.
- Валяшко М. Г., Жеребцова И. К., Садилов Л. З.* Геохимические методы поисков месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ, 1966, с. 232.
- Виноградов С. С.* Известняки. Оценка месторождений при поисках и разведках. М., Госгеолтехиздат, 1951. 238 с.
- Виноградов С. С.* Dolomites. Оценка месторождений при поисках и разведках. М., Госгеолтехиздат, 1957. 173 с.

- Виноградов С. С.* Известняки. М., Госгеолтехиздат, 1961. 61 с. (ВИМС. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 10).
- Виноградов С. С.* Доломит. Требования промышленности к качеству минерального сырья. вып. 20. М., Госгеолтехиздат, 1961. 40 с.
- Вировлянский Г. М.* Особенности размещения апатитовых руд в Хибинских месторождениях и их значение для поисков в других массивах. — В кн.: Апатиты. М., 1968, с. 91—102.
- Власов Г. А., Яроцкий Е. П.* Практическое значение вулканогенных серных месторождений и методика их освоения. — В кн.: Вулканогенные серные месторождения и некоторые проблемы гидротермального рудообразования, М., 1971, с. 314—322.
- Воинова К. П., Савицкая Е. А., Шаякубов Т. Ш.* Особенности геологии и методики разведки плавиковошпатовых месторождений Узбекской ССР. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 9, с. 16—20.
- Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья.* М., 1973. 20 с. (РГЗ СССР.)
- Гаврущенко Ю. Т.* Изменчивость оруденения и плотность сети опробования флюоритовых месторождений. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту. 1974, с. 32—34.
- Гайдин А. М.* Особенности разведки месторождений при отработке их геотехнологическими методами. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 7, с. 32—36.
- Гиммельфарб Б. М.* Некоторые вопросы разведки и подсчета запасов фосфоритов. — В кн.: Геология месторождений горнохимического сырья. М., 1959, с. 162—172.
- Гиммельфарб Б. М.* Особенности разведки фосфоритов. — В кн.: Материалы по методике разведки месторождений полезных ископаемых. М., 1962, с. 558—564.
- Гиммельфарб Б. М.* Закономерности размещения месторождений фосфоритов СССР и их генетическая классификация, М., «Недра», 1965. 307 с.
- Гиммельфарб Б. М., Киперман Ю. А.* Методика разведки фосфоритовых месторождений Каратау. — «Тр. ГИГХС», 1969, вып. 13, с. 252—258.
- Горбачев А. Н., Карпушин А. М., Матуканис Л. Ф.* Методика и результаты фторометрической нейтронно-активационной съемки месторождений апатита и флюорита в Западном Забайкалье. — «Зап. Забайкальск. филиала Географ. общ-ва СССР», 1960, вып. 48, с. 99—106.
- Горбачев А. Н., Карпушин А. М., Матуканис Л. Ф.* Состояние и перспективы совершенствования геофизических методов исследований при поисках месторождений фосфатного сырья. М., 1971. 41 с. (ОНТИ ВИЭМС).
- Горбачев А. Н., Карпушин А. М., Матуканис Л. Ф.* Полевая нейтронно-активационная фторометрия при поисках месторождений флюорита. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 12, с. 38—40.
- Горбов А. Ф.* Геохимия бора, Л., «Недра», 1976. 207 с.
- Грозовский Л. М.* Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. М., «Недра», 1972. 162 с.
- Дзенс-Литовский А. И.* Методы комплексного исследования и разведки озерных соляных месторождений. М., Госхимиздат, 1957. 210 с.
- Дзенс-Литовский А. И.* Соляной карст СССР. М., «Недра», 1966. 162 с.
- Дзенс-Литовский А. И.* Кара-Богаз-Гол, Л., «Недра», 1967. 91 с.
- Егоров И. И., Кузнецов В. Г.* Белозиминское месторождение апатитов. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 7, с. 10—13.
- Егоров Л. С.* Апатит в Маймечя-Котуйском комплексе ультраосновных щелочных пород. — В кн.: Апатиты. М., 1968, с. 227—233.
- Егорова Т. Г., Набиуллин Ю. Н.* Разработка технологии производства высококачественных фосфоритовых концентратов из Вятско-Камских фосфоритов. — «Тр. ГИГХС», 1973, вып. 20, с. 129—139.
- Жарков М. А.* Палеозойские соленосные формации мира. М., «Недра», 1974. 392 с.
- Жигач К. А.* Тонкодисперсная фосфоритная мука и ее свойства. — «Тр. ГИГХС», 1973, вып. 20, с. 173—178.
- Залеский Б. В., Розанов Ю. А.* Опыт классификации месторождений минеральных красок. — В кн.: Вопросы минералогии и петрографии. М., 1946, с. 13—18.
- Зверев А. С., Файзуллин Р. М.* Апатитовые месторождения коры выветривания и их промышленная оценка. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 7, с. 11—17.
- Зверев А. С., Арсеньев А. А., Фоминский В. И.* О промежуточных стадиях локального прогнозирования фосфоритовых месторождений. — «Экспресс-информ. Геология, методы поисков и разведки месторождений неметалл. полез. иск.», 1975, № 2, с. 1—8.
- Иванов А. А.* Основы геологии и методика поисков, разведки и оценки минеральных солей. М., Госгеолиздат, 1953. 204 с.

- Иванов А. А., Левицкий Ю. Ф. Геология галогенных отложений (формаций) СССР. — «Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер.», 1960, т. 68, 424 с.
- Иванов А. А., Воронова М. Л. Галогенные формации. Л., «Недра», 1972. 328 с.
- Иванов П. Ф., Тамойкин Ю. С. О методике разведки краевых зон залежей фосфоритов желвакового типа. — «Тр. ГИГХС», 1974, вып. 26, с. 152—154.
- Иванова Т. Н. Апатитоносность Кольского полуострова. — В кн.: Апатиты. М., 1968, с. 59—85.
- Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., «Недра», 1976. 25 с.
- Инструкция о содержании и порядке представления на утверждение в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. М., «Недра», 1976. 15 с.
- Инструкция по изучению инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке. Мингос СССР. М., «Недра», 1975. 50 с.
- Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям барита и витерита (1962, 21 с.), борного сырья (1962, 20 с.), гипса и ангидрита (1961, 19 с.), ископаемых солей (1962, 22 с.), карбонатных пород (1961, 21 с.), озерных солей (1961 — 20 с.), фосфоритов (1961, 20 с.), плавикового шпата (1965, 22 с.), самородной серы (1961, 18 с.). М., Госгеолтехиздат.
- Инструкция о содержании и порядке составления геологических отчетов. М., «Недра», 1965. 77 с.
- Камышев В. С., Кошелев И. П. Применение нейтронно-активационных методов при поисках и разведке флюоритовых руд. — «Тез. докл. I Всесоюзного совещ. по флюориту», 1974, с. 36—38.
- Каплан А. А. Плавиковый шпат. — В кн.: «Сравнительная геолого-экономическая характеристика промышленных типов месторождений полезных ископаемых», 1970. 35 с.
- Каплан А. А. Рекомендации по методике оценки месторождений плавикового шпата на стадии поисково-разведочных работ. ОНТИ ВИЭМС, 1974. 30 с.
- Кошкароев О. Д. Графические расчеты солевых систем. М., Госхимиздат, 1960. 438 с.
- Кошкароев О. Д., Фивег М. П. Калийные и магниезальные соли. Требования промышленности к качеству минерального сырья, вып. 22. М., Госгеолтехиздат, 1963. 53 с.
- Киперман Ю. А. Рациональная методика эксплуатационной разведки месторождений Чулуктау в связи с переходом на подземную эксплуатацию. — «Тр. ГИГХС», 1969, вып. 13, с. 259—271.
- Киперман Ю. А. Некоторые особенности эксплуатационного опробования и оценки качества фосфоритов при отработке Каратауских месторождений. — «Тр. ГИГХС», 1969, вып. 13, с. 252—258.
- Киперман Ю. А. Обоснование методики разведки геосинклинальных месторождений фосфоритов. — Изв. вуз, серия геол. и разведка, 1971, № 7, с. 50—57.
- Киперман Ю. А., Наумова Н. Э. Рекомендации по методике оценки месторождений фосфатного сырья на стадии поисково-разведочных работ, 1974. 44 с. (ОНТИ ВИЭМС).
- Киперман Ю. А., Педогов А. В., Тимченко А. И. Экономика фосфатного сырья зарубежных стран. М., «Химия», 1975. 112 с.
- Ковалевский А. Л. Особенности биохимических поисков флюоритовых месторождений в Забайкалье. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту, 1974, с. 34—36.
- Ковальский Ф. И., Костромин С. В. Геолого-экономическая характеристика Ошурковского апатитового месторождения. — В кн.: Апатиты, М., 1968, с. 304—306.
- Комарова Г. И. Основные эндогенные формации флюоритовых месторождений и их промышленное значение. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту, 1974, с. 9—12.
- Коплус А. В. Гипсометрический фактор контроля флюоритового оруденения Казахстана и его использование в практических целях. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту, 1974, с. 70—73.
- Корневский С. М. Основные принципы прогнозирования месторождений калийных солей. М., «Наука», 1965. 38 с.
- Корытов Ф. Я., Сечевича А. М. Изменчивость флюоритовых месторождений и плотность сети разведочных выработок. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 12, с. 24—28.
- Корытов Ф. Я., Каплан А. А. Основная тенденция развития мировой минерально-сырьевой базы флюорита. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту, 1974, с. 4—6.
- Курс месторождений неметаллических полезных ископаемых. Л., «Недра», 1969. 472 с. Авт.: В. Ф. Дыбков, А. Е. Корякин, В. Д. Никитин, П. М. Татаринев.

Лавровиц Н. С. Плавиковый шпат (флюорит). Оценка месторождений при поисках и разведке, М., Гостехиздат, 1956. 135 с.

Латыпов Н. Г. Основные геологические предпосылки и критерии апатитонности магматических и метаморфических комплексов СССР. Вопросы геологии нерудного минерального сырья, вып. 1. Тр. ВНИИГеолнеруд, вып. 35, Казань, 1973, с. 111—119.

Ланда Э. А., Поршнев Г. Н., Шувалов В. З. Об апатитовом месторождении в карбонатитовом массиве Ессей (Север Сибирской платформы). — «Сов. геология», 1971, № 6, с. 89—96.

Лепешков И. Н. Калийные соли Волго-Эмбы и Прикарпатья. М., Изд-во АН СССР, 1948. 150 с.

Мельников И. И. Флюорит. Требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ по этапам и стадиям. Ч. II, М., «Недра», 1967, с. 80—98.

Месторождения калийных солей СССР. Методы их поисков и разведки, Л., «Недра», 1973. 344 с. Авт.: В. И. Раевский, М. П. Фивег, В. В. Герасимова и др.

Методы радиоактивного каротажа для изучения серных руд карбонатного типа. — В кн.: Генезис месторождений самородной серы и перспективы их поисков. М., 1974, с. 153—159. Авт.: А. М. Блиоменцов, А. Б. Вельдер, М. К. Онисько, И. И. Фельдман.

Отрешко А. И. Замечания по статье Б. М. Гиммельфарба. Классификация месторождений фосфоритов. — В кн.: Геология месторождений горнохимического сырья. М., 1959, с. 318—320.

Отрешко А. И. Разведочная сетка и достоверность буровой разведки Средневожских серных месторождений. — «Тр. ГИГХС», 1960, вып. 6, с. 141—154.

Перспективы применения метода скважинной гидродобычи на месторождениях фосфоритовых руд Прибалтики. — «Тр. ГИГХС», 1969, вып. 19. М., с. 207—217. Авт.: Ю. С. Зубакин, В. П. Шевченко, М. А. Солнцев и др.

Погребницкий Е. О., Терновой В. И. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых, М., «Недра», 1974. 304 с.

Позин М. Е. Технологии минеральных солей. Ч. I, изд. 4-е, М., «Химия», 1974. 792 с.

Посохов Е. В. Соляные озера Казахстана. Изд-во АН СССР, 1955. 180 с.

Поиски и разведка борного сырья. Гостехиздат, 1960, 112 с. Авт.: И. М. Курман, В. В. Мельницкий, Н. С. Зайцев и др.

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Л., «Недра», 1968, 460 с. Авт.: Е. О. Погребницкий, Н. В. Иванов, А. В. Скропышев и др.

Пузанов Л. С. Закономерности размещения плавиковошпатового оруденения на территории СССР и перспективы ее флюоритонности. — В кн.: Тез. докл. I Всесоюз. совещ. по флюориту, 1974, с. 6—9.

Пузанов Л. С., Коппус Л. В. Промышленно-генетические типы плавиковошпатовых руд, закономерности их размещения и использования в промышленности. — В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., «Наука», 1975, с. 159—172.

Раевский В. И. Допустимая погрешность определения основных горногеологических параметров при детальной разведке месторождений калийных солей первой группы. — «Тр. ВНИИГ», 1974, вып. 7, с. 100—111.

Римская-Корсакова О. М. Апатитонность Ковдорского массива. — В кн.: Апатиты, М., 1968, с. 191—198.

Романова Л. В. Спектральное определение примесей в сере. — «Тр. ГИГХС», 1972, вып. 23, с. 3—90.

Русинов Л. А. Фосфориты. Требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ по этапам и стадиям. Ч. II, М., «Недра», 1967, с. 176—192.

Сагунов В. Г. Геология агрохимических руд Казахстана. Алма-Ата. «Наука», 1971. 192 с.

Смирнов А. И., Холомянский И. Я., Пуцульковский В. Я. Применение обжига в технологии получения высококачественных фосфоритных концентратов из руд Егорьевского месторождения. — «Тр. ГИГХС», М., 1973, вып. 20, с. 187—198.

Смирнов Ф. Л., Костромин С. В., Жукова Г. В. Геологическое строение и апатитонность Ощурковского месторождения. — В кн.: Апатиты, М., 1968, с. 295—300.

Смирнов Ф. Л. Ощурковское месторождение апатита. — «Сов. геология», 1971, № 4, с. 79—90.

Смирнов Ф. Л., Большаков В. А. Селенгдарское месторождение апатита. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 12, с. 5—9.

Соколов А. С. Геологические закономерности строения и размещения месторождений самородной серы. В кн.: Геология месторождений горнохимического сырья. М., 1959, с. 237—267.

Соколов А. С. Сера самородная. Требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ по этапам и стадиям. Ч. II, М., «Недра», 1967, с. 99—129.

Соколов А. С. Генетическая классификация месторождений самородной серы. — В кн.: Геохимия и минералогия серы. М., 1972, с. 40—55.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М., Изд-во АН СССР, 1962, т. I — 241 с.; т. III — 549 с.

Состояние и перспективы применения геофизических методов при поисках и разведке месторождений нерудного минерального сырья. — В кн.: Вопросы геологии нерудного минерального сырья. Тр. ВНИИГеолнеруд, Казань, 1973, вып. 1. с. 259—230. Авт.: Г. Е. Кузнецов, П. В. Вишневский, К. М. Тен, Р. И. Харитонов.

Тамойкин Ю. С. Плотность разведочной сети на примере Вятско-Камского месторождения фосфоритов. — В кн.: Проблемы прогноза, поисков и разведки месторождений горнохимического сырья СССР. М., 1974, с. 100—107.

Толстихина К. И. Природные пигменты Советского Союза, их обогащение и применение. М. Госгеолтехиздат, 1963. 360 с.

Тушина А. М., Наливкина А. Н. Геологическое строение и типы руд Кингисеппского месторождения. — «Тр. ГИГХС», 1974, вып. 26, с. 32—51.

Фазрутдинов Р. З., Никоноров С. П. Геолого-экономическая оценка ресурсов фосфатного сырья СССР и основные мероприятия по их рациональному использованию и увеличению. — В кн.: Вопросы геологии нерудного минерального сырья. — Тр. ВНИИГеолнеруд, Казань, 1973, вып. 1. с. 246—252.

Фивег М. П. О геологических особенностях формирования соленосных толщ. — Тр. ВНИИГ, Ленинград, 1952, вып. 2, 199 с.

Фивег М. П. Типы солеродных бассейнов. «Тр. ВНИИГ, Ленинград, 1956, вып. XXXII, с. 102—110.

Фивег М. П. Методика поисков калийных солей. М., Наука, 1967. 38 с.

Физико-геологические предпосылки применения ядерно-геофизических исследований скважин. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 8, с. 31—36. Авт.: А. М. Блюменцев, В. И. Ищенко, А. В. Лейкин, И. И. Фельдман.

Щербаков А. В. Гидрогеологические исследования при поисках и разведке подземных вод. М., Госгеолтехиздат, 1961. 126 с.

Щербина В. Н. Глауберит, глауберитовая порода и их кора выветривания. Изд-во Кирг. ФАН СССР, Фрунзе, 1952. 163 с.

Шерешевский А. И. Фосфатное сырье (апатиты и фосфориты). Требования промышленности к качеству минерального сырья. М., Госгеолтехиздат, 1959. 43 с.

Шерешевский А. И. Плавиковый шпат (флюорит). Требования промышленности к качеству минерального сырья. вып. 8. М., Госгеолтехиздат, 1960. 33 с.

Шмелькова Ю. Ф., Демина Л. С. Фосфориты Телекского месторождения. — «Тр. ГИГХС», 1974, вып. 26, с. 102—120.

Шокин Ю. П. Анализ причин затопления калийных рудников ГДР и ФРГ подземными водами и рассолами. — «Тр. ВНИИИГ», Л., 1969, вып. 41, с. 22—40.

Чистяков И. А. Результаты наблюдений за оседанием земной поверхности на Яр-Бишкадакском рассолопромысле. — «Тр. ВНИИГ», Л., 1969, вып. 41, с. 154—172.

Юшкин Н. П. Метасоматический тип месторождений самородной серы и его место в общей схеме катагенеза. — В кн.: Геология месторождений самородной серы. М., 1969, с. 36—69.

Якжин А. А. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1959. 568 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Азотные удобрения — 3, 193
Анализы и испытания — 62, 100, 133, 150, 165, 181, 198, 217, 229, 236
Апатит — 5, 8, 31
- Барит — 6, 13, 23, 219
Бор — 12, 183
Бортовое содержание — 240, 248
Бром — 12
- Витерит — 6, 219
- Генетические и промышленные типы месторождений — 32, 68, 110, 140, 170, 185, 193, 203, 220, 233
Геологические предпосылки — 79, 119, 153, 173, 188, 206
Геологоразведочные работы — 15
Геолого-экономическая оценка — 239, 241
Геофизические исследования — 15, 49, 52, 62, 82, 89, 101, 121, 124, 130, 135, 147, 154, 162, 174, 180, 189, 195, 225
Геохимические исследования — 15, 52, 81, 121, 129, 175, 190
Гидрогеологические исследования — 129
- Детальная разведка — 26, 56, 91, 127, 147, 160, 180, 196, 212, 227
Документация — 58, 97, 131, 162, 177, 181, 197, 214, 228
Доломит — 5, 192
- Известняки — 4, 192
Иод — 12
- Калийные соли — 10, 20, 167
Калийные удобрения — 3, 20, 168
Карбонатные породы — 5, 11, 192
Комплексность — 16, 65, 107, 137, 200, 219, 238
Кондиции — 239
Косвенные удобрения — 5
- Магневые соли — 7, 167
Магнезит — 5
Мел — 192, 231
Методы подсчета запасов — 256
Микроудобрения — 4
Минеральные удобрения — 3
- Минимальное промышленное содержание — 240, 248
- Объемная масса — 65, 106, 137, 151, 166, 218
Оконтуривание — 251
Опробование — 60, 99, 132, 148, 163, 181, 191, 198, 215, 229, 236
Основная химическая промышленность — 4
Оформление материалов — 250, 259
- Пигменты — 6, 14, 24, 230
Плакиковый шпат — 5, 12, 22, 200
Поваренная соль — 10, 22, 138, 153
Подготовленность месторождения для промышленного освоения — 258
Поиски — 25, 46, 78, 117, 143, 153, 173, 188, 194, 205, 224, 235
Поисковые признаки — 80, 120, 153, 174, 189, 206, 225
Подсчет запасов — 251
Подсчетный блок — 257
Предварительная разведка — 26, 53, 86, 123, 145, 157, 167, 178, 190, 195, 226
Природная сода 5
- Разведка в пределах горного отвода — 27, 57, 95, 130, 213
Региональные геологические и геофизические работы — 25
Рентабельность — 245
- Самородная сера — 3, 7, 17, 109
Сера — 3, 7, 17, 108
Серная кислота — 3, 7, 17
Соляные озера — 143
Сульфат натрия — 12, 138, 140, 153
- Технико-экономические расчеты — 240
Технологические исследования — 63, 103, 135, 151, 165, 181, 199, 218, 237
- Флюорит — см. плакиковый шпат
Фосфориты — 5, 8, 18, 66
Фосфорные удобрения — 3, 18, 28
- Экономическая эффективность — 246
Эксплуатационная разведка — 27, 57, 95, 130, 167, 214

ОГЛАВЛЕНИЕ

Г л а в а	I. Минеральное сырье, используемое химической промышленностью. <i>Борзунов В. М.</i>	3
Г л а в а	II. Сырьевая база химической промышленности. <i>Борзунов В. М.</i>	7
Г л а в а	III. Основные направления поисковых и разведочных работ на горно-химическое сырье. <i>Борзунов В. М.</i>	15
Г л а в а	IV. Последовательность проведения поисковых и геологоразведочных работ. <i>Борзунов В. М.</i>	25
Г л а в а	V. Методика поисков и разведки месторождений горнохимического сырья	28
	Фосфатное сырье. <i>Борзунов В. М.</i>	28
	Апатит. <i>Борзунов В. М.</i>	31
	Фосфориты. <i>Борзунов В. М.</i>	66
	Сера. <i>Борзунов В. М.</i>	108
	Поваренная соль и сульфат натрия. <i>Гроховский Л. М.</i>	138
	Калийные и магниевые соли. <i>Гроховский Л. М.</i>	167
	Борное сырье. <i>Гроховский Л. М.</i>	183
	Карбонатные породы. <i>Борзунов В. М.</i>	192
	Плавленый шпат (флюорит). <i>Борзунов В. М.</i>	200
	Барит и витерит. <i>Борзунов В. М.</i>	219
	Минеральные пигменты. <i>Борзунов В. М.</i>	230
Г л а в а	VI. Геолого-экономическая оценка горно-химического сырья на разных стадиях геологического изучения месторождений. <i>Борзунов В. М.</i>	238
Г л а в а	VII. Подсчет запасов горнохимического сырья. <i>Борзунов В. М.</i>	249
С	Список литературы	258
П	Предметный указатель	263

ИБ № 717

Виктор Михайлович Борзунов, Лев Михайлович Гроховский

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редактор издательства Л. Г. Китаенко. Переплет художника Ю. Е. Фомина
Художественный редактор В. В. Евдокимов
Технические редакторы Н. В. Балашова, В. Л. Прозоровская
Корректор Т. М. Столярова

Сдано в набор 12.09.77. Подписано в печать 31.01.78. Т-00059. Формат 70 × 100^{1/16}.
Бумага № 2. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Печ. л. 16,5. Усл. п. л. 21,285.
Уч.-изд. л. 23,43. Тираж 2500 экз. Заказ 499/5992-2. Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
196006, Ленинград, Московский пр., 91.

2490

10.70K

HEBRA