

МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КАОЛИНОВ
СССР

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ВНИИгеолнеруд)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАОЛИНОВ СССР

1400



МОСКВА «НЕДРА»

1974



Месторождения каолинов СССР. М. «Недра», 1974, 248 с. (Министерство геологии СССР. Всесоюзный научно-исследовательский институт нерудных полезных ископаемых).

В книге описываются выделенные в СССР две каолиноносные провинции (Украинская и Урало-Мугоджарская) и пять каолиноносных территорий (Западно- и Восточно-Сибирская, Казахская, Среднеазиатская и Дальневосточная). Рассмотрены перспективы отдельных каолиноносных районов и главнейших месторождений.

Впервые на территории СССР оценены запасы микроклинсодержащих каолинов, большая часть которых расположена на Украине, в Челябинской и Томской областях, Красноярском и Хабаровском краях РСФСР, Кокчетавской и Кустанайской областях Казахской ССР.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся поисками и прогнозной оценкой месторождений каолинов.

Таблиц 93, иллюстраций 68, список литературы — 255 названий.

Главный редактор **В. П. Петров.**

Редакционная коллегия:

Б. Ф. Горбачев (отв. редактор), **В. И. Магидович**, **В. И. Сивоконь**, **Г. П. Ваянов** (зам. отв. редактора).

М $\frac{20803-417}{043(01)-74}$

© Всесоюзный научно-исследовательский институт нерудных полезных ископаемых (ВНИИгеолнеруд), 1974.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕОЛОГИИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ВНИИгеолнеруд)

Месторождения каолинов СССР

Редактор издательства *Л. М. Самарчян.*

Техн. редактор *Т. Г. Сивова.*

Корректор *Т. В. Чирикова.*

Сдано в набор 16/I 1974 г.
Формат 70×108¹/₁₆.
Тираж 1000 экз.

Бумага № 2.

Подписано в печать 26/VII 1974 г.
Печ. л. 15,5. Усл. п. л. 21,7.
Заказ № 37/11724-4.

Т-13340.
Уч.-изд. л. 21,85.
Цена 2 р. 49 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»

ВВЕДЕНИЕ

Огнеупорность и химическая инертность, высокая дисперсность и чистота, белый цвет и большое содержание глинозема, способность приобретать прочность после обжига и сильно развитая активная поверхность — вот далеко не полный перечень свойств каолина, предопределяющий его использование. Основным потребителем каолина-сырца является огнеупорная промышленность. Высокосортные разности обогащенного каолина, содержащие минимальное количество красящих окислов, применяются в керамике, производстве фарфора и фаянса; низшие сорта — в технической керамике. В качестве наполнителя каолин используется в бумажной и резиновой промышленности, для получения пластмасс и в других видах производства.

Области применения каолина расширяются. В некоторых отраслях техники металлы заменяются керамикой. Создание ковкой керамики позволит еще больше использовать каолин. Большие надежды возлагаются на каолин как на каталитический материал. Сочетание неорганической структуры каолина с органическими веществами позволяет создать смешанные материалы.

СССР по разведанным запасам каолина занимает одно из первых мест в мире. Усилиями Государственной геологической службы в творческом содружестве с учеными АН СССР подготовлена мощная сырьевая база, на основе которой работает и развивается каолиновая промышленность СССР.

По состоянию на 1/1 1971 г. разведанные балансовые запасы элювиального каолина на территории СССР, сосредоточенные на 25 месторождениях, составляют по категориям $A+B+C_1$ 344,8 млн. т и категории C_2 432,7 млн. т. Около 56,5% этих запасов сосредоточено на Украине, 21,7% — в РСФСР, главным образом на Урале, остальные запасы распределяются между Узбекистаном (14,9%) и Казахстаном (6,9%).

Промышленные запасы переотложенного каолина по 12 месторождениям, числящимся на балансе ВГФ, составляют по категориям $A+B+C_1$ 685,4 млн. т и категории C_2 540,4 млн. т. Более 67% разведанных запасов переотложенных каолинов приходится на долю Узбекистана.

В 1970 г. было добыто 4317 тыс. т каолина-сырца, около $\frac{2}{3}$ этого количества было переработано обогатительными комбинатами, которыми получено 1069 тыс. т обогащенного каолина. Остальной каолин был использован в необогащенном виде главным образом огнеупорной промышленностью. Основным поставщиком обогащенного каолина является Украина, на долю ее трех комбинатов приходится около 90% его производства. Украина является также основным поставщиком продукции I сорта, на Урале выход обогащенной продукции этого сорта составляет от 0,1 до 13%. Обогащенные каолины I сорта употребляются при производстве наиболее ответственных изделий в бумажной, фарфоро-фаянсовой и других отраслях производства.

Зарождение фарфоровой промышленности в России связано с именем Д. П. Виноградова — друга и сподвижника М. В. Ломоносова.

Предпринятые в середине XVIII в. усилия по изысканию отечественного сырья для фарфорового производства привели к открытию белых глин Украины («черниговская» глина) и Урала (окрестность пос. Чебаркуля). Русские геологи при проведении рекогносцировочных геологических исследований в различных районах государства получили сведения о присутствии белых глин. Они послужили основой для последующих изысканий и не потеряли своего значения до настоящего времени.

В конце XIX в. на Украине наблюдается подъем добычи и промышленное использование белых глин (каолинов); было построено и функционировало несколько мелких обогатительных фабрик кустарного типа. Возрос интерес к изучению каолинов как своеобразных и ценных природных образований. Первое описание известных в то время каолиновых месторождений юга России содержится в работе П. А. Земятченского (1896). Изучением украинских каолинов и проблемой их генезиса занимался И. И. Гинзбург (1912, 1914, 1917). Он детально изучил генетические особенности украинских каолинов и показал несостоятельность применения к ним немецкой подугольной теории и английской теории гидротермального генезиса.

После Октябрьской социалистической революции была проведена ревизия всех известных месторождений, в первую очередь на Украине. Первое систематическое описание каолиновых месторождений Украины сделал в 1928 г. В. И. Лучицкий. В это же время были начаты разведочные работы, результаты которых обобщил И. И. Мельников (1935). Крупные месторождения Украины были описаны М. Н. Ключниковым (1940) и С. В. Потапенко. На Урале в течение многих лет каолины добывались в небольшом количестве и использовались без обогащения, хотя уральскими геологами были описаны многочисленные проявления каолинов, оценены их ориентировочные запасы и даны начальные заключения о качестве (Клер, 1927). Оценка уральских каолинов проводилась с позиций их применения в производстве огнеупоров. Накопленные до 1940 г. сведения о строении и происхождении каолиновых месторождений СССР, данные о составе и качестве каолинов отдельных месторождений и перспективах дальнейшего изучения и освоения сведены в IV том («Глины и каолины») энциклопедической серии «Месторождения нерудных полезных ископаемых СССР» под редакцией А. Е. Ферсмана. В составлении этого тома принимали участие В. Аршинов, В. И. Лучицкий, И. И. Гинзбург, И. И. Мельников и др.

Во время Великой Отечественной войны оборудование обогатительных фабрик Украины было вывезено в Челябинскую область на месторождения у с. Еленинка и вблизи г. Кыштыма, которые были доразведаны в короткий срок и явились в военные годы единственным источником каолинового сырья. В мирные дни промышленная оценка каолиновых месторождений была обобщена в работе В. Ф. Самойлова и И. И. Мельникова (1951). Главнейшие (Просяновское, Глуховецкое, Белая Балка, Положское, Владимирское, Новоселицкое, Глуховское, Турбовское, Дубровское и Майдан-Вильское) месторождения Украины были доразведаны с учетом требований к качеству сырья со стороны традиционных и новых потребителей. К последним относится химическая промышленность (производство искусственного каучука, резиновых технических изделий, синтетической кожи, клеенки, технических тканей, пластмасс, сернокислого и хлористого алюминия), доля которой в общем балансе потребления каолинов непрерывно растет. На Украине поисковые работы выполнены в Синельниковском и Покровской районах Днепропетровской области, в Звенигородском районе Черкасской области, в Сквирском районе Киевской области, а также в Винницкой, Житомирской, Хмельницкой и Закарпатской областях. Выявлено несколько крупных месторождений и увеличены запасы ранее разведанных залежей. На Украине известно семь крупных разведанных залежей по элювиальным

каолинам и пять по переотложенным. Остальные месторождения изучены недостаточно, хотя имеют установленные запасы в горной массе. Среди них можно выделить две группы: 1) месторождения, по которым работы проводились в довоенное время, обычно с незначительными (не более первых млн. т) запасами; 2) месторождения, разведанные в разное время (и послевоенные годы).

Обе эти группы ввиду слабой изученности вещественного состава, отсутствия лабораторных и промышленных испытаний каолинов в отношении обогатимости и получения готовой продукции, а также отсутствия точной топографической привязки можно отнести к числу недостаточно изученных месторождений несмотря на то, что по отдельным из них имеются запасы высоких категорий. Ни на одном из этих месторождений без переоценки и дополнительных работ невозможно проектировать предприятия по добыче каолинов.

На Урале доразведаны Еленинское и Кыштымское месторождения и детально разведаны Полетаевское, Журавлиный Лог, Архангельское и Домбаровское месторождения. Каолины, по свойствам близкие к украинским, здесь не обнаружены. Многие даже детально разведанные месторождения не получили комплексной оценки; не изучена на уральских месторождениях зона щелочных каолинов. Многие месторождения, особенно те, что разведывались в первые послевоенные годы, оценены только с точки зрения требований производства огнеупоров, их запасы подсчитаны ориентировочно и не привязаны к топооснове.

В 1960—1970 гг. в результате планомерного изучения каолиноносности Сибири, Казахстана, Средней Азии и Дальнего Востока были детально разведаны, взяты на баланс ВГФ и предназначены к освоению Ангренское месторождение элювиальных и переотложенных каолинов в Узбекской ССР, Алексеевское месторождение элювиальных каолинов на севере Казахской ССР, а также Туганское (Томская область), Кампановское (Красноярский край) и Чалганское (Амурская область) месторождения каолинсодержащих песков. В последние годы доказана промышленная ценность гидротермально каолинитизированных кайнозойских эффузивов (фарфоровый камень Гусевского месторождения в Приморье). Доказана также целесообразность промышленного извлечения маложелезистого микроклинового концентрата (попутно с каолиновым и кварцевым) из неполностью каолинитизированных полевошпатовых пород (щелочных каолинов).

Советскими геологами за последние 30 лет много сделано, чтобы обеспечить промышленность всех районов нашей страны каолиновым сырьем: выделены новые генетические типы месторождений, выявлены пути комплексного использования каолинов, открыты и разведаны новые месторождения, в том числе в Восточных районах СССР. Однако на данном этапе обеспечение ряда отраслей промышленности отстает от современных требований, предъявляемых промышленностью к качеству каолинового сырья. До сих пор не удалось обнаружить в Сибири и Средней Азии месторождений каолинов, не уступающих по качеству просяновским. С каждым годом возрастающая потребность промышленности в каолине требует дальнейшего развертывания геологоразведочных работ.

Успешному решению каолиновой проблемы должно способствовать своевременное и глубокое научное обобщение всех результатов поисковых, разведочных и исследовательских работ.

Первоочередные задачи данной монографии следующие: 1. Анализ закономерностей формирования и локализации месторождений каолинов (в том числе щелочных) для всей территории СССР и отдельных регионов. 2. Обобщение результатов изучения генетических особенностей и качества сырья главных каолиновых месторождений СССР. 3. Выявление зависимостей между вещественным составом каолинов и их фи-

зико-химическими свойствами. 4. Выбор рациональной методики поисково-разведочных работ с учетом специфики геологического развития конкретных регионов и генезиса каолинов.

В работе принимали участие: Б. Ф. Горбачев (ответственный редактор) и Г. П. Васянов (ВНИИГеолнеруд), В. И. Магидович (ВНИИЭК), Ю. А. Русько (ИФГМ АН УССР), Ю. А. Гуляницкий (ИГЕМ АН СССР), А. Я. Зингерман (БелНИГРИ), В. И. Сивоконь (Днепрогеология МГУССР), А. И. Наумов и М. Ф. Будило (Северо-Казахстанское ГУ), В. С. Васильев (Красноярское ГУ), Э. В. Вареник (Иркутское ГУ).

Авторы признательны В. П. Петрову, В. А. Полянину и С. С. Чекину за критику и ценные замечания, которые были учтены при подготовке рукописи.

ТЕРМИНОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

До сего времени исследователи не пришли к единому мнению относительно объема и соотношения терминов «глина» и «каолин». Такое положение сложилось в результате различного толкования указанных терминов с точки зрения геологической науки и запросов техники.

В терминологическом обзоре мы будем касаться в основном геологического содержания понятий «глина» и «каолин». По П. А. Земятченскому (1935), глиной называются землистые минеральные массы, способные с водой образовывать пластичное тесто, по высыхании сохраняющее приданную ему форму, а после обжига получающее твердость камня. Каолины в предложенной им классификации не выделены отдельно, а включены в группу фарфоровых глин. В приведенной выше формулировке нашли отражение научные представления того времени в области минералогии глин, рассматривавшие глину как своеобразное полиминеральное тело, сложенное исключительно тонкораздробленными минеральными частичками. В дальнейшем, по мере уточнения представлений о геологических условиях нахождения глин в природе, появились определения и классификации, отражающие существование генетических различий в группе глин, а также наличие зависимости между физико-механическими свойствами глин и их минералогией.

Однако и в настоящее время отечественные геологи называют глиной землистые породы, которые состоят более чем на 40% из пелитовых частиц глинистых минералов (водных алюмосиликатов и силикатов алюминия), обладают пластичностью в естественном и увлажненном состоянии и способны сохранить приданную форму при высыхании. Близка к этому формулировка большинства иностранных исследователей. Например, Р. Л. Бейтс (1965) описывает глины как природные землистые вещества с коллоидальными или субколлоидальными размерами частиц, существенно состоящие из глинистых минералов и обладающие большей или меньшей пластичностью во влажном состоянии.

Белые глины, обладающие высокой огнеупорностью, еще издавна называли каолинами (по хр. Као-Линг в Китае), не проводя внутри этой группы генетических различий. До сего времени некоторые исследователи, например Р. Е. Грим (1967), не проводят резкой грани между осадочными каолиновыми глинами и элювиальными каолинами, употребляющимися в фарфоро-фаянсовом производстве, объединяя их в одну группу — группу каолинов. Расширение и углубление знаний о вещественном составе каолинов и процессах их формирования потребовало конкретизации генетического содержания этого термина. Например, считают возможным под термином «каолин» подразумевать лишь белые элювиальные (остаточные) глины (Райс, 1932; Петров, 1968). Однако различия в подходе отдельных исследователей к трактовке термина «каолин» не исключают того, что большинство считает каолины полноправными представителями группы глин. В сводке «Глины и каолин» (1941 г.), составленной большим количеством авторов, в числе которых принимали участие М. Ф. Викулова, И. И. Гинзбург, И. Д. Седлецкий, В. И. Лучицкий, И. И. Мельников и др., ука-

зывается, что каолин при любом определении понятия «глина» отвечает приводимым в этом понятии признакам и бесспорно должен быть отнесен к группе глин. В связи с особенностями состава и технологических свойств каолина часто трактуются как самостоятельный вид полезного ископаемого. В этом заключается вся двойственность взаимоотношений терминов «глина» и «каолин». С геолого-генетических позиций между ними нет большого различия и каолин можно рассматривать как своеобразную разновидность глин, отличающуюся существенно каолиновым составом пелитовой фракции и несколько большей крупностью глинистых частиц¹. Однако с позиций оценки технологических свойств и путей применения каолина, особенно элювиальные, стоят особняком, ибо не имеют присущей глинам пластичности, высокой дисперсности и значительной связующей способности. Объясняется это тем, что минералы — каолинит и гидрослюда, преимущественно слагающие пелитовую фракцию природных каолинов, обладают довольно крупными размерами частиц, характеризуются малой емкостью катионного обмена, обнаруживают довольно низкую адсорбцию воды (Грим, 1967). Следовательно, каолин по своему минеральному составу отвечает понятию «глина», однако по своим физико-механическим свойствам не согласуется с представлениями о ней. В силу этого было бы правильно рассматривать каолин как глинистую породу, подчеркивая тем самым его своеобразие и отличие от глины.

Суммируя все сказанное ранее, можно следующим образом сформулировать наиболее общее определение понятия «каолин».

Каолин — это глинистая порода, образовавшаяся в результате выветривания или гидротермального изменения слюдисто-полевошпатовых пород; залегающая *in situ* или переотложенная в водной среде; состоящая из каолинита и подчиненных количеств других глинистых минералов с большей или меньшей примесью кварца, полевых шпатов, слюд, окислов железа и титана; обладающая высокой огнеупорностью, низкой пластичностью водозатворенной пелитовой фракции и сравнительно крупными размерами слагающих ее глинистых частиц.

В соответствии с предложенной формулировкой продукты выветривания, состоящие в пелитовой части преимущественно из других глинистых минералов (при подчиненной роли каолинита), не следует называть каолином, как это иногда имеет место. Видимо, в этих случаях более целесообразно употреблять термин «элювиальная глинистая порода» с указанием преобладающего глинистого минерала, например — «элювиальная гидрослюдистая глинистая порода».

В качестве полезного ископаемого ценность представляют, в первую очередь, белые и светлокрашенные каолины, состав и свойства которых в сыром виде или после обогащения отвечают требованиям той или иной отрасли производства.

Особый вид полезного ископаемого представляют так называемые щелочные каолины. Название не очень удачное, однако прижилось и замена его любым другим термином привела бы к еще большей путанице. Сейчас под названием «щелочной каолин» понимают разрыхленные избирательно каолинизированные породы, в которых калиевый полевой шпат ассоциирует с кварцем и каолинитом. При содержании $K_2O > 1,5\%$ и при низком содержании железа щелочные каолины представляют интерес для получения полевошпатового концентрата. Щелочные каолины представляют скорее полевошпатовое, чем каолиновое сырье и потому их характеристике целесообразно посвятить специальный раздел.

¹ Белый цвет не должен рассматриваться как основной признак каолина, так как существуют окрашенные каолины.

Современное состояние изученности позволяет подразделить природные каолины на две основные группы, составляющие основу генетической классификации каолинов: 1. Каолины остаточные, залегающие *in situ*, образующиеся в результате древнего выветривания изверженных, метаморфизических и осадочных пород или же при воздействии на них минерализованных восходящих паров и вод. 2. Каолины осадочные или переотложенные, образовавшиеся за счет размыва и переотложения в континентальных и прибрежно-морских водоемах продуктов каолинового выветривания (рис. 1).

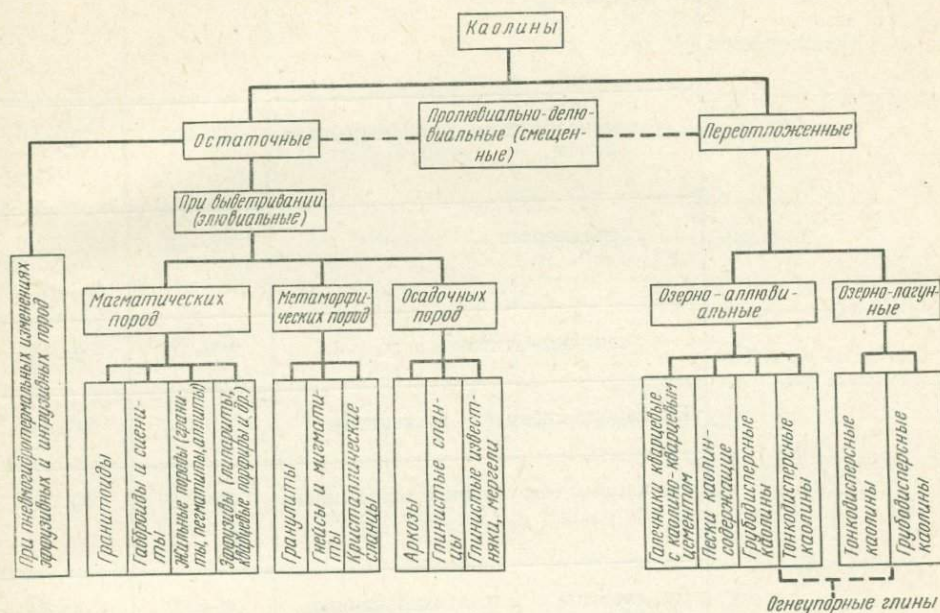


Рис. 1. Геолого-генетическая классификация каолинов

Переходное положение между остаточными и осадочными каолинами занимают смешанные каолины делювиально-пролювиального генезиса, не имеющие, однако, самостоятельно промышленного значения.

Дальнейшее подразделение остаточных каолинов произведено нами по характеру каолинообразующего процесса, к которому мы относим выветривание и воздействие восходящих термальных вод. Осадочные каолины подразделяются на аллювиально-озерные (континентальные) и озерно-лагунные (прибрежно-морские).

Третья ступень классификации элювиальных каолинов основывается на особенностях происхождения и состава выветривающихся пород. У осадочных каолинов эта ступень подчинена литологической характеристике каолинсодержащих отложений. Так, среди переотложенных каолинов можно выделить как неотсортированные разности, представленные каолинсодержащими песками и галечниками, так и отфракционированные накопления частиц каолинита и гидрослюды. По мере увеличения дальности переноса физико-механические свойства переотложенных каолинов становятся все более соответствующими понятию «глина». Тонкодисперсные (с преобладанием глинистых частиц < 2 мк) переотложенные каолины озерных и лагунных водоемов можно называть каолинитовыми или гидрослюдисто-каолинитовыми (огнеупорными) глинами. Поскольку огнеупорные глины представляют собой специальный вид нерудного сырья, в данной работе они не рассматриваются.

Генетический тип и подтип каолинов	Разновидность каолинов	Выход фракции <0,056 мм, %	Содержание кварца во фракции <0,056 мм, %
	плаггиогранитам, кварцевым диоритам	50—70	2—5
	гранодиоритам	45—50	3—4
	аплит-пегматитам	30—70	0—10
	По габбро-сиенитам и сиенитам	70	0,4
	По кислым эффузивам и экструзивам	50—70	10—30
	По гнейсам, мигматизированным гнейсам	45—70	3—8
	По кристаллическим сланцам	60—90	до 40
	По аркозам	30—40	4—7
	По глинистым сланцам и глинисто-карбонатным породам	60—80	30—60
Гидротермальные	По кислым эффузивам	60—100	1—20
	По гранитоидам	40—55	2—7
Переотложенные	Каолинсодержащие пески и песчаники	20—35	8—25
	Природно отфракционированные каолины (с преобладающими размерами глинистых частиц >2 мк)	75—95	1—5%

Содержание в обогащенном каолине, %		Промышленное значение (в СССР)	Типичные месторождения
Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
0,05—1,5	0,2—1,0	Ведущее	Просняновское (УССР) Еленинское (Урал) Седлец (ЧССР) Сент-Остел (Великобритания)
0,3—1,8	0,5—1,5	В перспективе значительное	Алексеевское (КазССР)
0,9—1,2	0,7—1,7	Неясное	Архангельское (Урал) Каминау (ГДР)
0,03—1,0	0,1—1,0	Подчиненное	УССР
0,2—3,5	0,2—3,0	Неясное	Каменское (УССР)
0,3—1,5	0,15—0,5	В перспективе значительное	Ангрен (УзССР) Зейлиц (ГДР)
0,3—1,5	0,4—1,5	Ведущее	Глуховецкое (УССР)
0,8—1,5	0,7—1,0	Подчиненное	Ключевское (Урал)
0,12—0,57	0,22—0,57	Неясное	Подбржаны (ЧССР)
0,2—1,0	0,3—0,9	Подчиненное	Шпергау (ГДР) Евсинское (Западная Сибирь)
0,05—0,8	0,05—0,1	Неясное	Береговское (УССР)
0,5	0,7	"	Тапаку (Япония)
0,6—1,25	0,35—0,45	В перспективе значительное	Чалганское (Дальний Восток)
0,6—1,25	1,0—1,36	Ведущее	Положское (УССР) Новоселицкое (УССР)

Каждая разновидность каолина обладает специфическими особенностями вещественного состава и физико-механических свойств. С одной стороны, это является отражением условий и среды каолинообразования или каолинонакопления, с другой стороны, определяет возможность использования каолина. Различные генетические разновидности каолина имеют неодинаковую промышленную значимость (табл. 1).

Под термином «месторождение» понимается искусственно оконтуренное геологическое тело, состоящее из каолина, пригодного для использования в естественном или переработанном виде. Разработка месторождения целесообразна при наличии достаточных запасов и благоприятной экономической конъюнктуры. Для многих месторождений с подсчитанными запасами не проведена оценка возможностей использования каолина. Такие месторождения следует относить к недостаточно изученным.

Термин «проявление» обозначает установленное скопление каолина незначительных (около 1 млн. т) или невыясненных размеров. В результате дальнейшего изучения проявление может быть переведено в разряд месторождений.

По выявленным запасам и степени изученности месторождения элювиальных каолинов подразделяются следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Запасы, млн. т	Степень разведанности месторождения		
	Детально опоискованные или предварительно разведанные месторождения с подсчетом запасов по категории C_2	Детально разведанные месторождения с подсчетом запасов по категориям C_1+C_2	Детально разведанные месторождения с подсчетом запасов по категориям $B+C_1$
До 10—15	Мелкие	Мелкие	Мелкие
10—15—30	Средние	Средние	Средние
30—50	Крупные	Крупные	Крупные
Свыше 50	Очень крупные	Очень крупные	Очень крупные

Месторождения с запасами свыше 30 млн. т отнесены к разряду крупных. На базе их целесообразно построить новые крупные высоко-механизированные предприятия по добыче и обогащению каолина. Даже в районах добычи каолина в эксплуатацию должны вовлекаться залежи с запасами не менее 10 млн. т (Сивоконь, 1969).

Средние и мелкие месторождения в ряде случаев (особенно при наличии каолинов высокого качества) целесообразно разрабатывать и перерабатывать для удовлетворения потребностей отдельных предприятий.

ОБЗОР КАОЛИНОНОСНОСТИ ВАЖНЕЙШИХ РЕГИОНОВ СССР

Пространственное размещение и роль элювиальных и переотложенных каолинов на территории СССР определяется историей геологического развития главнейших каолиноносных регионов.

Все регионы с учетом изученности их каолиноносности можно условно разделить на две группы: 1) каолиноносные провинции; 2) каолиноносные территории.

Каолиноносные провинции изучались на протяжении длительного времени, что привело к выявлению обоснованных и реальных перспектив развития каолиновой промышленности; это подтверждено результатами поисково-разведочных работ и опытом эксплуатации предприятий по добыче и переработке каолинов.

Каолиноносные территории исследовались лишь в последние десятилетия, причем перспективы развития сырьевой базы каолинодобывающей промышленности выяснены предварительно в связи с недостаточным объемом поисково-разведочных работ и небольшим числом добывающих предприятий, действующих или намеченных к пуску.

Ниже приводится описание каолиноносных провинций и территорий. Некоторые регионы СССР, не рассматриваемые в числе каолиноносных (например, Северо-Восток СССР), в результате дальнейшего изучения могут быть признаны каолиноносными.

УКРАИНСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ

В СССР основная часть учтенных Государственным балансом месторождений сосредоточена на территории Украинской каолиноносной провинции (23 из 36). Запасы этих месторождений составляют около 30% от общесоюзных запасов. В пределах этой провинции, по данным И. Н. Ремизова, выявлено 102 месторождения и 22 проявления остаточных каолинов, а также 27 месторождений и 5 проявлений переотложенных каолинов. Данные о запасах каолинов УССР по состоянию на 1/1 1972 г. приведены в табл. 3.

Запасы по месторождениям, числящимся на Государственном балансе, составляют небольшую часть от общих запасов известных месторождений и проявлений. Перспективные запасы по категории C_2 на ранее разведанных и вновь открытых месторождениях также весьма значительны, однако они не полностью отражают имеющиеся перспективы увеличения запасов каолинового сырья, которые исчисляются многими миллиардами тонн только на отдельных прогнозных площадях. Запасы каолинов в недрах, по-видимому, громадные, но изучены они недостаточно. Каолины разрабатываемых залежей являются не лучшими по качеству, поэтому имеет место дефицит сырья высших сортов.

На Украине разрабатывается 12 месторождений, из них 8 месторождений элювиальных каолинов: Просяновское, Глуховецкое, Турбовское, Дубровское, Буртынское и группа Майдан-Вильских месторождений. Переотложенные каолины добываются на Положском, Влади-

Таблица 3

Генетические типы месторождений и проявлений	Месторождения					Проявления		По всем месторождениям и проявлениям	
	числящиеся на общесоюзном балансе на 1/1 1972 г.			выявленные при поисках и неразведанные		количество	запасы по категориям A+B+C ₁ +C ₂ и вне категорий, тыс. т	количество	запасы по категориям A+B+C ₁ +C ₂ , тыс. т
	количество	запасы по категориям, тыс. т		количество	запасы по категориям A+B+C ₁ +C ₂ , тыс. т				
		A+B+C ₁	C ₂						
Элювиальные	16	222 502	332 267	38	1 248 366	75	15 395	129	1 818 530
Щелочные	6	63 097	27 367	11	74 378	29	5 863	46	170 705
Переотложенные	7	90 930	74 514	11	224 059	17	3 803	35	393 306

мировском, Новоселицком и Глуховском (Полошковском) месторождениях.

На базе четырех первых упомянутых выше месторождений элювиальных каолинов производится обогащенный каолин (часть сырья потребляется для огнеупоров и керамики). Необогащенные элювиальные и переотложенные каолины применяются преимущественно в огнеупорной промышленности, незначительная часть их — для производства электрокерамики и для других отраслей.

Проектная мощность каолинодобывающих и каолинперерабатывающих предприятий и обеспеченность их сырьем приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Предприятие	Проектная мощность по сырцу на 1975 г., тыс. т	Запасы по категориям A+B+C ₁ на 1/1 1971 г., тыс. т	Обеспеченность запасами в годах
Просняновский комбинат	2900	85 316	30
Глуховецкий комбинат	880	34 799	30
Турбовский комбинат	160	5 582	30
Барановский фарфоровый завод (Дубровское месторождение).	25	4 797	19
Майдан-Вильский комбинат . . .	80	3 081	30
Буртынский завод огнеупоров . .	20	2 343	32
Положское рудоуправление . . .	200	17 714	30
Владимировское рудоуправление .	1200	30 926	26
Новоселицкое рудоуправление . .	700	19 559	28
Глуховский рудник	10	250*	25

* С учетом выявленных в 1969—1970 гг. дополнительных запасов.

Фактическое состояние сырьевых баз менее благополучно. При общем благоприятном балансе запасов ощущается резкий недостаток в каолинах высоких сортов для производства бумаги, а также керамики и радиокерамики. Содержание высоких сортов каолина на Просняновском месторождении по данным разведки в среднем 30—45%, в последние годы его фактически добывают 18,7—36,5% за счет смешивания сырья различных сортов. Каолины первого сорта для бумаги на месторождении составляют 60—70% (38—48% продукции комбината).

На Турбовском и Глуховецком месторождениях большие площади с подсчитанными запасами не могут обрабатываться из-за застроенности.

Предварительные поиски, проведенные в последние годы в окрестностях месторождения, не выявили тонкодисперсные каолины, аналогичные разрабатываемым.

Дубровское месторождение детально разведывается на комплексное каолин-полевошпатовое сырье. На Глуховском месторождении преобладают низкокачественные запесоченные и ожелезненные разности каолинов.

Данные по добыче и переработке каолинов, а также по себестоимости сырья и продукции каолиновых месторождений УССР приведены в табл. 5.

Таблица

Месторождение и продукция	Производительность за 1967 г., тыс. т	Себестоимость в р. за 1 т	Отпускные цены в р. за 1 т	Расход сырья на 1 т обогащенного каолина
Просьяновское сырец	1167	1,48	1,4—1,8	—
каолин МО	240	8,22	3,6—16,3	2,4
каолин СО	147	13,09	10,1—20,5	3,6
Глуховецкое сырец	710	0,63	—	—
каолин МО	369	6,0	5,7—14,8	1,8
каолин СО	20	8,77	5,5—25	2,3
Турбовское сырец	149	1,21	—	—
обогащенный каолин	54	14,68	19,4—20,4	2,7
Майдан-Вильская группа сырец	117	0,80	0,83—0,90	—
Дубровское сырец	25	—	1—10 3,8—	—
обогащенный каолин	5	—	16,38	3,0
Буртынское сырец	57	—	0,85	—
Положское*	200	2,0	2,4—2,6	—
Новоселицкое*	150	6,0	3,5—5,5	—
Владимировское*	700	0,9	2,4—2,6	—
Глуховское*	4	52,0	39,0	—

* Добывается вторичный каолин. МО — мокрое обогащение. СО — сухое обогащение.

Производство обогащенного каолина на Украине составляет около 80% от общесоюзного. Республиканскими промышленными предприятиями потребляется 20—25% получаемого ежегодно обогащенного каолина, большая его часть отгружается предприятиям других республик (главным образом РСФСР) и в небольших количествах экспортируется на Кубу, в Индию, Италию, Монголию. В ближайшее десятилетие, в связи с предполагаемым вводом в строй новых каолиновых предприятий Казахстана, Средней Азии, Сибири и Дальнего Востока, намечается снизить долю УССР в производстве обогащенного каолина до 60—65%. Будет обеспечен абсолютный прирост производства обогащенного каолина (в 1,5—2 раза) за счет ввода новых мощностей на действующих предприятиях.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ КАОЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ

На Украине с учетом генетических признаков можно выделить два типа каолиновых месторождений: остаточные и переотложенные.

Остаточные месторождения появились благодаря направленному изменению коренных материнских пород в условиях выветривания и гидротермального воздействия. Этот тип подразделяется на два под-

типа: 1) месторождения, приуроченные к коре выветривания (элювиальные); сюда относятся почти все месторождения остаточных каолинов СССР; 2) месторождения, образовавшиеся за счет гидротермально-метасоматической переработки липаритовых туфов; это немногочисленные, весьма своеобразные каолиновые залежи в Закарпатье.

По морфологии залежей в первом подтипе выделяются месторождения площадной, линейно-площадной и линейной коры выветривания. Широкое развитие кор выветривания позволяет полагать, что большинство месторождений приурочено к площадному и линейно-площадному типам кор. Переотложенные месторождения образовались большей частью за счет размыва и переотложения каолинового материала остаточных месторождений. Встречаются залежи каолинов каждого из указанных выше типов, а также комбинированные.

В соответствии с вещественным составом отдельных зон разреза каолинового выветривания выделяют два вида сырья: собственно каолины и каолины щелочные. Положение собственно каолинов соответствует в разрезе выветривания зоне конечного гидролиза алюмосиликатов, в которой все слюды и полевые шпаты почти полностью преобразованы в каолинит. Среди каолинов можно выделить разновидности, образовавшиеся при выветривании гнейсов, гранитов, мигматитов, пегматитов или аплитов. Эти разновидности, как правило, залегают совместно.

Ниже каолинов в разрезах коры выветривания микроклинсодержащих пород расположены щелочные каолины, подразделяемые по минеральному составу на два подтипа: микроклиновый и микроклин-гидро-слюдистый. Микроклиновый подтип наиболее характерен для днепровских, токовских, кировоградских, екатерининских, клессовских и других гранитов и мигматитов протерозоя. В случае, если верхняя зона разреза выветривания почти полностью размыва, месторождения слагаются только щелочными каолинами.

Среди песчано-глинистых переотложенных продуктов выветривания присутствуют разновидности, содержащие повышенные количества зерен калиевого полевого шпата. Это каолинсодержащие аркозы, которые по аналогии с элювиальными образованиями можно рассматривать как щелочные каолины.

По минеральному составу глинистой части как среди остаточных, так и среди переотложенных каолинов различают собственно каолинитовые, каолинит-гидраргиллитовые и каолинит-галлузитовые разновидности. Чисто галлузитовые глинистые породы установлены лишь на Береговском месторождении.

ВАЖНЕЙШИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ КАОЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Украинская каолиноносная провинция соответствует по площади Украинскому кристаллическому массиву, протягивающемуся на 950 км в северо-западном направлении при ширине от 150—200 до 300—350 км (рис. 2).

К югу от Украинского кристаллического массива расположены Причерноморская впадина и Крым, практически лишенные каолиновых месторождений и сложенные преимущественно морскими осадками. Распологающиеся к западу от кристаллического массива регионы: Во-лыно-Подольская плита, Львовско-Волинская впадина, Предкарпатский прогиб и Карпаты также не содержат каолинитовых глин, хотя терригенные осадки наблюдаются в отдельных стратиграфических горизонтах. Лишь в Закарпатье в неогеновых липаритовых туфах Береговского холмогорья развиты месторождения гидротермальных каолинов.

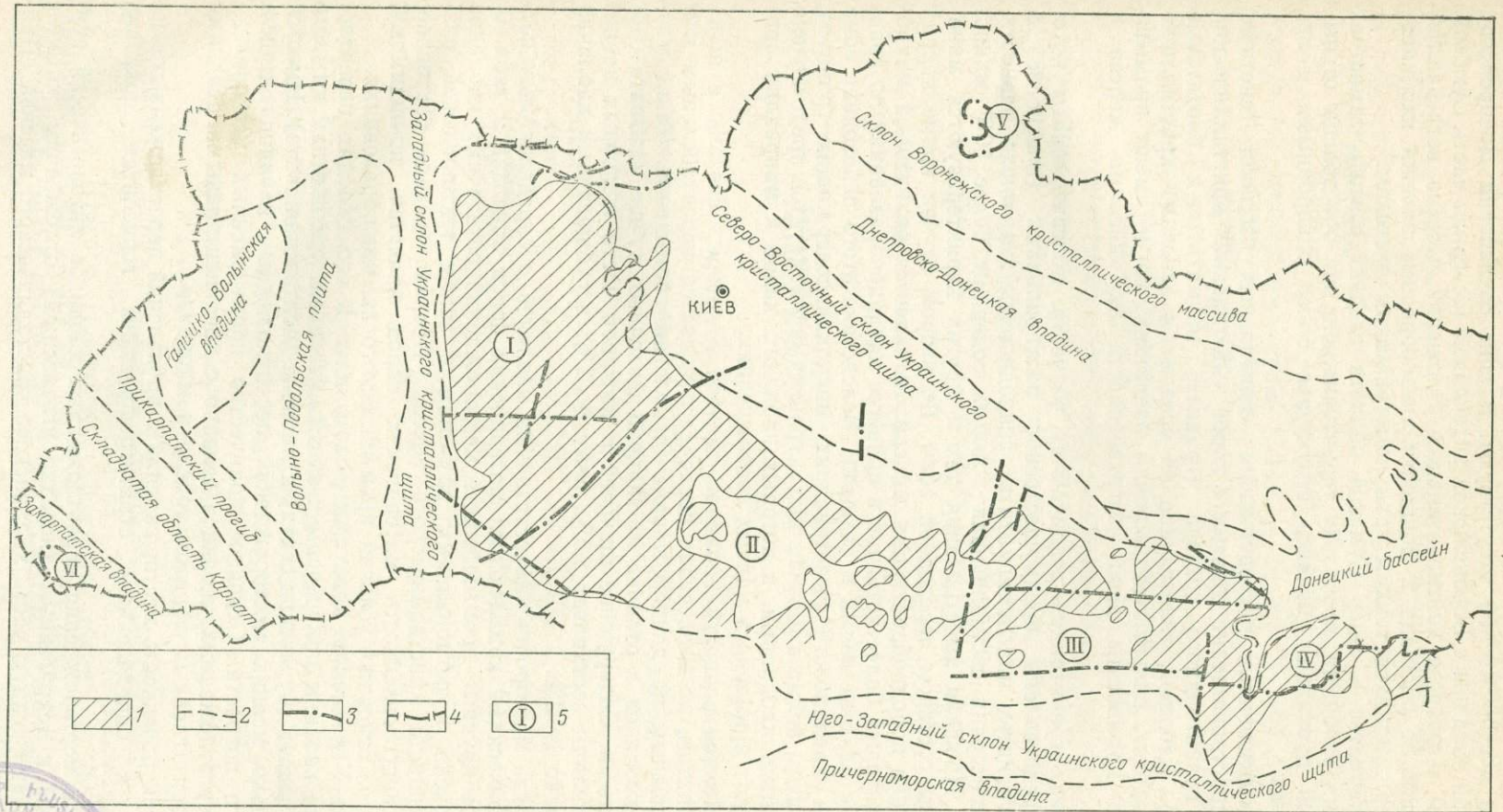


Рис. 2. Схема размещения продуктивных кор выветривания на территории Украинского кристаллического щита
 1 — площадь, занятая корами выветривания; 2 — границы основных структурных элементов; 3 — глубинные разломы; 4 — граница УССР; 5 — каолиноносные субпровинции
 (I — Северо-Западная, II — Центральная, III — Приднепровская, IV — Приазовская) и районы (V — Закарпатский, VI — Глуховский)



В Донбассе и восточной части Днепровско-Донецкой впадины каолиновые месторождения отсутствуют. В зоне сочленения Днепровско-Донецкой впадины с Воронежской антеклизой (северная часть Сумской области) в разрезе континентальных отложений неогена встречаются небольшие по площади и мощности линзообразные залежи каолинов, характеризующихся тонким гранулометрическим составом.

Закарпатье и север Сумской области следует считать самостоятельными районами, поскольку территориально они обособлены от выделенной провинции, являясь структурно более однородными и локальными.

Промышленные месторождения элювиальных каолинов генетически и пространственно связаны с корой выветривания кристаллических пород гранитоидного состава (граниты, мигматиты и биотитовые гнейсы). Каолины, залегающие на средних и основных кристаллических породах, пользуются широким развитием, но не имеют промышленного применения ввиду загрязненности их окислами железа и титана.

Среди гранитоидов различаются разности, полевые шпаты которых представлены преимущественно плагиоклазами (плагиогнейсы, плагиограниты, плагиомигматиты, гранодиориты), а также разности, полевошпатовая составляющая которых содержит более 50% микроклина. Профили выветривания тех и других характеризуются минеральным составом переходной зоны. Во втором случае кроме кварца и каолина породобразующим минералом является реликтовый микроклин, который более устойчив в процессе каолинообразования по сравнению с плагиоклазами и слюдами. Вследствие этого переходная зона разреза каолинового выветривания микроклинсодержащих гранитов, пегматитов, аплитов и связанных с гранитами мигматитов представлена щелочными каолинами, в которых каолинит, кварц и микроклин присутствуют примерно в равных соотношениях.

Имеются разности каолинов, щелочи в которых связаны с полевым шпатом, но извлечение последнего является нерентабельным или невозможным на данном уровне технологии обогащения. Такие разности каолинов в отличие от типично щелочных лучше называть субщелочными. Содержание щелочей в песчаной части щелочных каолинов Украины составляет 4,5%, реже до 7%; в субщелочных каолинах оно равно 1—2%.

Связь месторождений остаточных каолинов с определенными петрографическими комплексами материнских пород показана в табл. 6.

Все крупные промышленные месторождения остаточных каолинов приурочены к региональным разломам и зонам тектонической раздробленности кристаллического цоколя. Предварительная тектоническая подготовленность материнских пород является, по-видимому, одним из основных условий промышленного каолинообразования.

На Украинском кристаллическом щите и его склонах переотложенные каолины приурочены к континентальным отложениям нижнего мела, эоцена (бучакская свита) и миоцена (полтавская свита). Имеется несколько мелких месторождений переотложенных каолинов четвертичного возраста. Основное количество промышленных месторождений переотложенных каолинов связано с континентальными осадками кайнозоя (главным образом эоцена и миоцена).

Приуроченность месторождений и проявлений переотложенных каолинов к определенным стратиграфическим горизонтам показана в табл. 7.

Все месторождения переотложенных каолинов литологически приурочены к терригенным (нередко угленосным) отложениям, которые окаймляют южную часть Украинского кристаллического массива (При-

Таблица 6

Исходная порода	Количество месторождений, проявлений	Запасы, тыс. т	К суммарным запасам, %
Гранитоиды			
граниты	27/14	859 214 3 640**	26,3
комплекс пород гранитоидного состава (гранит, мигматит, гнейс, аплит, пегматит)	34/2	923 834 8 966* 35 002**	38,7
породы, о составе и структурах которых данных не имеется	27/12	74 142 786 305**	26,3
Габброиды	8	266 154 11 216**	8,5
Липаритовый туф	3/2	4 354 2 500**	0,2
Всего	99/30	2 127 698 8 966* 1 138 663**	65,0 0,3 34,7
	129	3 275 327	

* Забалансовые запасы.
** Запасы вне категорий.

Таблица 7

Стратиграфический горизонт	Количество месторождений и проявлений	Запасы, тыс. т	К суммарным запасам, %
Нижний мел	3	100 188	18,0
Эоцен	5	245 200	44,0
Миоцен	20	207 825	37,3
Плиоцен	1	570	0,1
Четвертичная система .	6	3 102	0,6
Всего	35	556 885	—

азовская плита, Конско-Ялынская впадина) или заполняют крупные депрессии центральной части. Наиболее приподнятые Северо-Западный и Приазовский блоки щита не имеют осадков палеогена, кора выветривания сохранилась, как правило, только в околоразломных зонах.

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И СХЕМА ОБОГАЩЕНИЯ КАОЛИНОВ

Добыча каолинов на всех месторождениях, кроме Глуховского рудника, производится открытым (карьерным) способом. Глубина отдельных карьеров (Пологи, Новоселица, Просяная) достигает 50—70 м. Вскрышные породы обрабатываются одним (Глуховцы, Турбов) или несколькими уступами высотой 8—12 м с помощью одноковшовых экскаваторов различных типов. На зачистке вскрыши обычно приме-

няются бульдозеры. Транспортировка вскрыши производится автомобильным транспортом.

Высота добычных уступов на месторождениях первичных каолинов колеблется от 2 до 12 м в зависимости от местных условий, количество их 2—4. В отдельных случаях для обеспечения устойчивости бортов карьера нарезаются подступы. Разработка добычных уступов на наиболее крупных карьерах (Просьяная, Глуховцы) ведется мощными роторными экскаваторами типа ЗЭР-500 и ЭР-100 с диаметром рабочего колеса 4 м и производительностью 700—800 м³ в смену. На менее производительных карьерах работают экскаваторы типа драглайн или скальной лопаты. Карьеры действуют круглогодично. В суровые зимы для предварительного рыхления применяются буровзрывные работы. Как правило, элювиальные каолины на большую часть своей мощности обводнены, однако водоприитоки небольшие и откачка их обеспечивается одним-двумя насосами производительностью 150 м³/час из зумпфов, врезанных на 2—3 м ниже полотна нижнего уступа.

Добыча обводненных каолинов иногда производится драглайнами нижним черпанием (Дубровка). Аналогичным способом разрабатываются переотложенные каолины с той лишь разницей, что количество вскрышных уступов достигает 5 (Пологи), а добычных 1—2. На Положском месторождении имеется два добычных уступа, в которых раздельно отрабатываются огнеупорные глины и лежащие над ними каолины. На Новоселицком месторождении каолины средней мощностью 7 м отрабатываются одним уступом.

На Глуховском руднике переотложенные каолины из-за незначительной мощности (0,2—1,0 м) добываются в шахтах. Глубина шахт 18—26 м, сечение 4 м². Шахты доводят до кровли каолина, а затем проходят в полезной толще штреки-рассечки высотой 1,2—1,5 м и длиной до 50 м. Ствол шахты и штреки проходятся со сплошным креплением. Все горно-добычные работы ведутся вручную, с помощью кайл, лопат и ломов. Добытый в рассечках каолин в мешках грузится в бады и с помощью ворота подается на сортировочную площадку, где вручную отбираются сильно запесоченные и содержащие включения бурою железняка куски каолина. Себестоимость полученного каолина достигает 52 р/т. Это в несколько раз превышает отпускные цены на обогащенный каолин. Попытка заменить полошковский (глуховский) каолин в производстве катализатора синтетического каучука успехом не увенчалась. Закончилась неудачей также попытка организовать на руднике открытые горные работы: после первых атмосферных осадков отличить вмещающие пески от заплывшего в них каолина невозможно; существующие механизмы не приспособлены к выемке открытым способом столь малых мощностей. Единственное средство повысить экономичность разработки заключается в механизации подземной добычи.

На месторождениях элювиальных каолинов статистическим способом ориентировочно подсчитывается выход сортов обогащенного каолина. Прямой связи между литологическими разностями элювиальных каолинов и их сортами не существует. Наиболее белый сырец обеспечивает выход высоких сортов каолинового концентрата. Белый каолин-сырец в карьерах залегает без определенной закономерности. Обычно он образуется по жилам аплитов и пегматитов в гнейсах, чаще по микроклинсодержащим разностям гранитов и мигматитов, иногда по лейкократовым разностям плагиогнейсов и плагиогранитов. Поскольку элювиальный каолин наследует текстуру и структуру материнской породы, белый каолин часто залегает в виде жилообразных тел (бывшие жилы пегматита) или крутопадающих полос. Мощность (ширина) этих тел и полос колеблется от долей метра до 25 м и более. Для обеспечения выемки при добыче высокосортных каолинов на круп-

ных карьерах (Просьяная, Глуховцы) эпизодически ведутся эксплуатационные разведки и постоянно проводится позабойное опробование. Эффект от ведения таких работ незначительный, так как при существующей механизации и больших объемах добычи обеспечить несмешивание добываемого в различных забоях сырья очень трудно. Весьма значительная часть высокосортного сырья смешивается с низкосортным, благодаря чему обогащенный каолин обычно соответствует по качеству II—III сортам (для керамики). Изменение способа разработки, уменьшение высоты уступов, применение малой механизации для селективной добычи высококачественных каолинов являются очередными задачами горных работ. Примером неэффективности существующих способов разработки является следующий: на Просьяновском комбинате в 1968 г. добыто 1394 тыс. т сырца, из которого выработано 449,7 тыс. т обогащенного каолина; высший и I сорта составили 48,7 тыс. т, или немногим более 10% общего выхода обогащенного каолина при среднем содержании этих сортов в недрах не менее 30%, а в блоке — более 40%.

Для вторичных каолинов связь литологических признаков и качества более постоянна, поэтому расхождения между результатами разведочных и эксплуатационных работ здесь обычно менее существенны.

Обогащение элювиальных каолинов производится в настоящее время по трем технологическим схемам: 1) мокрое гравитационное; 2) гидроциклонное; 3) сухое обогащение. Мокрое гравитационное обогащение применяется на Глуховецком и Турбовском комбинатах, а также в обогатительном цехе Барановского завода (Дубровское месторождение). Это обогащение состоит в осаждении каолина из суспензии после того, как более крупные и более тяжелые песчаные частицы удалены путем предварительного осаждения в элеваторах и лабиринтах. Для диспергирования каолиновой руды (пептизации) вводится жидкое стекло, а для коагуляции каолина — известь. Введение реагентов ухудшает керамические свойства каолинов. Кроме того, гравитационная схема обуславливает низкую производительность предприятия, что привело к необходимости ее замены.

Все крупные обогатительные фабрики в ближайшее время перейдут на более совершенную гидроциклонную схему обогащения; Просьяновский комбинат эту схему освоил. Сущность ее заключается в отделении песчаных примесей с помощью гидроциклонов — конических резервуаров различных диаметров, в которых под давлением создается центробежное движение смеси каолина с водой. Вследствие этого песчаные примеси отжимаются к внутренней стенке гидроциклона и удаляются через специальное отверстие, регулируемое песковыми насадками, а суспензия каолина через слив поступает в схему обезвоживания и сушки. Применяя гидроциклоны различных диаметров, можно добиться любой возможной на данном сырье тонины гранулометрического состава концентрата, а меняя количество батарей гидроциклонов — быстро регулировать производительность предприятия. Схема не требует применения активно действующих на свойства каолинов реагентов. Для ускорения сгущения суспензии в незначительных количествах вводится органический реагент (полиакриламид).

Эта схема выгодно отличается от гравитационной. В настоящее время работают опытно-производственные установки для получения фракционированного каолина, который требуется для машинного мелования бумаги, производства кабеля и др.

Схема сухого обогащения аналогична гидроциклонной, но для отделения песка от каолина в циклонах применяется не вода, а вдуваемый компрессорными установками воздух. Полученный при сухом обогащении каолин отличается более крупной дисперсностью, поэтому применение его ограничено. Он требуется в резиновой промышленно-

сти. Большим недостатком схемы является потеря каолина наиболее тонких фракций с отработанным воздухом, загрязнение атмосферы и повышенный расход сырья на 1 т обогащенного каолина.

В каолиновых залежах открыт щелочной каолин, содержащий микроклин. Институтом Уралмеханобр разработана схема получения из него полевошпатового и кварцевого концентратов. Такой схемой после отделения каолина, который в дальнейшем обрабатывается по отдельной технологической линии, предусматриваются следующие операции: 1) измельчение кварц-полевошпатовых песков — «отходов»; 2) обесшламливание измельченных песков; 3) избирательное обогащение в восходящей струе воды, в результате которого отделяется часть кварца и получается полупродукт, иногда удовлетворяющий по содержанию щелочей требованиям на пегматит; 4) флотационная доводка полупродукта с помощью специальных реагентов-пенообразователей; 5) обезвоживание и сушка концентрата; 6) магнитная сепарация и затаривание полевошпатового концентрата.

В результате обогащения получается микроклиновый концентрат, отвечающий требованиям на высший сорт полевого шпата, а также кварцевые пески I—II сортов для керамики. Выход микроклина зависит от его содержания в исходных песках, степени выветрелости. При содержании щелочей 4,5% в исходных песках (или около 30% микроклина) выход его составляет 140—150 кг/т сырья, при более высоких содержаниях щелочей выход может быть повышен до 200—280 кг/т. Около 40—45% полевого шпата теряется при обесшламливании, а также уходит в каолин и кварцевые пески. Расчетами доказана рентабельность обогащения песков с содержанием щелочей не ниже указанного предела (4—5%). На базе Просяновского месторождения проектируется обогатительная фабрика мощностью 60 тыс. т полевого шпата в год.

Все схемы обогащения предусматривают отделение каолинита от песка, в лучшем случае получение фракционированного каолина. Планируются технологические схемы получения из щелочных каолинов полевошпатовых концентратов.

До недавнего времени обогащенный каолин применялся главным образом в бумажной и керамической промышленности, в меньшей мере — в производстве резины и парфюмерных изделий. Сейчас резко увеличилось потребление каолинов химической промышленностью, появились новые потребители (алюминиевая промышленность, стекольное и др.). Одновременно резко возрастают требования к качеству и сортименту каолинов. Государственные стандарты на каолин разных назначений пересматриваются. В ближайшие 10—20 лет намечается переоборудование технологической схемы обогащения в направлении получения фракционированных, дегидратированных, обезжелезненных и обеситаненных концентратов, чтобы отечественный каолин мог конкурировать с лучшими зарубежными сортами.

РАЙОНИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАВНЕЙШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В пределах Украинской каолиноносной провинции выделяются четыре субпровинции, соответствующие блокам Украинского кристаллического массива.

1. Северо-Западная, охватывающая одноименную часть щита и характеризующаяся залеганием коры выветривания под четвертичными отложениями. Разведанные месторождения в ее пределах располагаются преимущественно на гибридных гранитоидных породах типа чудново-бердичевских гранитов и гранат-кордиеритовых гнейсов (Глуховцы, Турбов), реже на породах кировоград-житомирского комплекса, пегматоидных гранитах или основных породах. Каолины по сравнению

с Приднепровьем и Приазовьем характеризуются повышенным содержанием TiO_2 и широким развитием пеликанитизации. На микроклин-содержащих гранитах развиты щелочные каолины.

2. Центральная, характеризующаяся сравнительно глубоким залегаем элювиальных каолинов под покровом неогеновых и палеогеновых отложений, в разрезе которых находятся залежи переотложенных каолинов. Широко развиты элювиальные каолины со значительным содержанием свободного глинозема (15—20%), накоплен гиббсит совместно с каолинитом в залежах переотложенных каолинов. В южной части субпровинции широко развиты на кировоградских микроклинных гранитах и пегматитах, а также на парагнейсах (Побужье, западная часть Кировоградской и северная часть Николаевской областей) элювиальные щелочные каолины.

3. Приднепровская, в пределах которой известны наиболее высококачественные элювиальные каолины. Они залегают под неогеновыми или четвертичными осадками и развиты по породам днепровско-токовского комплекса, плагиогнейсам, а также по гранодиоритам и плагиогранитам. В разрезе каолиновой коры выветривания микроклинсодержащих гранитоидных пород днепровско-токовского комплекса вскрываются щелочные каолины. Переотложенные каолины образуют залежи в понижениях рельефа кристаллического фундамента.

4. Приазовская, характеризующаяся развитием элювиальных каолинов: щелочных, по микроклинным каранским и екатериненским гранитам, а также каолинов по мигматитам и гнейсам. По окраинам субпровинции широко развиты переотложенные каолины неогенового возраста.

За пределами кристаллического массива известны два своеобразных каолиноносных района: 1) Закарпатский, в котором развиты остаточные каолины гидротермально-метасоматического происхождения, тесно ассоциирующие с алунитовыми породами; 2) Глуховский с маломощными залежами переотложенных каолинов весьма тонкого гранулометрического состава с существенной примесью галлуазита.

Ниже приводится характеристика главнейших месторождений остаточных и переотложенных каолинов по субпровинциям и районам.

Северо-Западная субпровинция

Месторождения каолинов занимают здесь гипсометрически самое высокое положение (абсолютные отметки кровли плюс 200—280 м), широкой полосой оконтуривая с севера и востока наиболее возвышенную часть Волыно-Подольского блока. Количество месторождений достигает 61, из них 56 элювиальных. Административно территория субпровинции относится главным образом к Житомирской, Хмельницкой, Ровенской и Винницкой областям (рис. 3).

В южной части БССР в районе Полесского поднятия кристаллического фундамента выявлены проявления и детально изучены месторождения первичных каолинов, составляющие, по-видимому, северное продолжение Украинской каолиновой провинции.

Месторождения Северо-Западной субпровинции обеспечивают большую часть добычи элювиального каолина Украины и группируются в ряд районов. Наиболее крупными являются Майдан-Вильско-Дубровский и Турбовско-Глуховецкий районы.

Майдан-Вильско-Дубровский район занимает север Хмельницкой и юго-запад Житомирской областей. Площадь его составляет 1500 км². Здесь установлено более 20 месторождений с общими геологическими запасами элювиального каолина 100 млн. т. Государственным балансом учтено девять месторождений. Из них относительно крупными яв-

ляются Дубровское (разведанные запасы 4797 тыс. т) и Майдан-Вильское (3081 тыс. т) месторождения.

Докембрийские породы представлены розовато-серыми порфировидными кировоградскими и серыми среднезернистыми житомирскими гранитами, а также биотитово-плагиоклазовыми гнейсами; меньше распространены чудново-бердичевские граниты и гнейсы. На всех этих разновидностях развита площадная кора выветривания, переходящая в линейную на участках, более интенсивно разбитых тектоническими нарушениями. Месторождения элювиальных каолинов приурочены в ос-

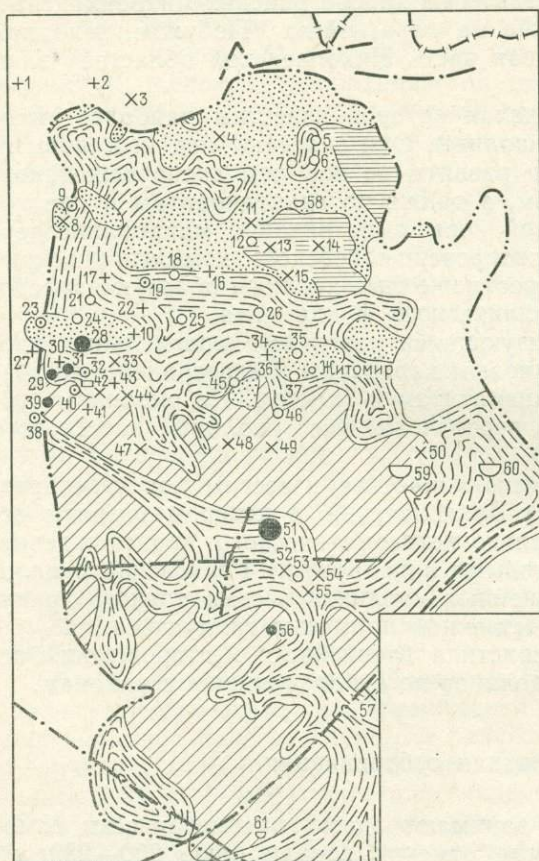


Рис. 3. Обзорная карта Северо-Западной каолиноносной субпровинции УССР. Условные обозначения см. на рис. 9

Месторождения и проявления элювиальных каолинов:

- 1 — Клесовское; 2 — Остковское; 3 — Олевское; 4 — Белокоровичское; 5 — Межиричское; 6 — Шатрицы; 7 — Чигиринское; 8 — Сосновское; 9 — Дермановское; 10 — Каменно-Бродское; 11 — Краевщина; 12 — Гацковское; 13 — Рудное-Гацковское; 14 — Кошаровское; 15 — Скодобовское; 16 — Ушично-Киянское; 17 — Старокоричское; 18 — Тесновское; 19 — Шаберовское; 21 — Курманское; 22 — Немальное; 23 — Красновоставское; 24 — Хижевское; 25 — Бастовая Рудня; 26 — Новопольское; 27 — Городненское; 28 — Дубровское; 29 — Купинское; 30 — Вербицкое; 31 — Майдан-Вильское (Хмельское); 32 — Буртынское; 33 — Барановское; 34 — Смоковское; 35 — Крошанское; 36 — Житомирское 2; 37 — Житомирское 1; 38 — Старый Лес; 39 — Судимонтское; 40 — Савичское; 41 — Есинцы; 42 — Михайловское; 43 — Новаки; 44 — Токаревское; 45 — Новая Рудня; 46 — Полонское; 47 — Кутышевское; 48 — Мясковское; 49 — Бердичевское; 50 — Лозовицкое; 51 — Глуховское; 52 — Красное; 53 — Германовское; 54 — Самгородское; 55 — Збарег-Губино; 56 — Турбовское. Месторождения и проявления переотложенных каолинов: 57 — Райковское; 58 — Домолюцкое; 59 — Макаровское; 60 — Писичковское; 61 — Паланковское

новом к житомирским микроклин-плагиоклазовым гранитам и биотит-плагиоклазовым гнейсам; непосредственно по кировоградским гранитам мощная кора с развитой каолиновой зоной не констатирована. Мощность площадной коры составляет в среднем (при полном каолиновом профиле) 15—20 м, местами наблюдается частичный размыв. Мощность линейной коры на каолиновых месторождениях 30—40 м, иногда более, мощность собственно каолиновой зоны 10—12 м. Каолины месторождений Майдан-Вильской группы используются в основном для производства полукислых огнеупоров и шамотного порошка, каолины Дубровского месторождения — для тонкой керамики. Эти каолины являются щелочными и обеспечивают получение 150—200 кг микроклина из 1 т сырья.

Дубровское месторождение находится в 3 км к западу от ст. Радулино в Барановском районе Житомирской области и соединено с ней грунтовой дорогой. Оно представляет собой приуроченную к площадной коре выветривания пластообразную залежь элювиальных каолинов мощностью 1,4—25,0 м, расположенную под покровом четвер-

тичных и нижнесарматских песчано-глинистых отложений мощностью 3—5 м (рис. 4). Материнскими породами элювиальных каолинов являются пегматоидные граниты житомирского типа, содержащие частые прожилки двуслюдяных пегматитов (5—25 см), а также ксенолиты гнейса. Текстура каолинов унаследованная, преимущественно гранитная, реже пегматитовая и гнейсовая. Каолин содержит кристаллы полуразрушенного микроклина, довольно крупные (2—5 см²) пластинки слабо выветрелого мусковита и обломки жильного кварца. Химический состав каолина-сырца следующий (в %)¹: SiO₂ 69,1—75,2; Al₂O₃ 16,0—20,5; Fe₂O₃ 0,38—0,71; TiO₂ не определялось; CaO 0,44; K₂O 3,8—4,2; Na₂O 0,8—1,1; п.п.п. 5,7—6,3.

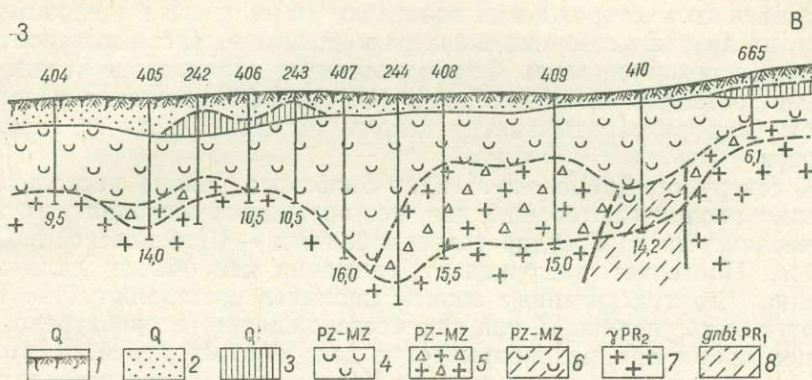


Рис. 4. Геологический разрез Дубровского месторождения

1 — почвенный слой; 2 — песок, местами глинистый; 3 — суглинок. Кора выветривания: 4 — зона неполной каолинизации (щелочной каолин); 5 — зона дезинтеграции и выщелачивания гранитов; 6 — зона дезинтеграции и выщелачивания гнейсов; 7 — граниты; 8 — гнейсы

Выход каолина на сите 0056 составляет 28—31%. Песчаная часть представлена в основном фракциями 0,06—0,5 мм. Глинистая часть, кроме каолинита и кварца, содержит 10—15% гидрослюды мусковитового ряда. Огнеупорность сырца 1600—1670°С, спекание происходит при 1400°С. Обогащенный каолин имеет следующий химический состав (в %): SiO₂ 47,9—49,0; Al₂O₃ 34,9—36,6; Fe₂O₃ 0,73—1,20; TiO₂ 0,26—0,50; CaO 0,26; K₂O 1,6—1,7; Na₂O 0,2—0,26; п.п.п. 11,9—12,3.

По содержанию красящих окислов обогащенный каолин относится в основном к III сорту для керамики. Обожженный при 1350°С каолин содержит единичную мушку и представляет собой малоспекшийся материал.

Песчаная часть содержит (в %): K₂O 4,2; Na₂O 0,23; Al₂O₃ 9,10 и Fe₂O₃ 0,22. Минеральный ее состав следующий (в %): кварца 70—75; микроклина 15—22; мусковита 3—7. При флотации из щелочных песков получено 14,4—19,7% микроклина и 2,7—6,1% слюды. Полевошпатовый концентрат содержит 71% микроклина, 28,3% кварца и 0,7% мусковита. Химический состав его следующий (в %): Fe₂O₃ 0,05; K₂O 11,2—13,2; Na₂O 0,9—1,6; Al₂O₃ 14,7—18,8; SiO₂ 65,4—73. На основе полевошпатового концентрата получен высоковольтный электрофарфор, отвечающий требованиям промышленности.

Месторождение эксплуатируется карьером глубиной 7 м. Ежегодная добыча сырца достигает 28 тыс. т, из которых примерно 20 тыс. т потребляются обогатительным цехом Барановского завода. Обогащение производится простым отмучиванием, выход каолина низкий (из 20 тыс. т сырца получается 5 тыс. т обогащенного каолина). Отходы

¹ Здесь и далее, кроме специально оговоренных случаев, состав приведен в пересчете на абсолютно сухое вещество.

обогащения — щелочные пески употребляются для местного строительства или поступают в отвал. В месяц 500—600 т сырца поступают на Барановский фарфоровый завод в качестве заменителя пегматита.

Кроме Дубровского месторождения, являющегося в настоящее время наиболее перспективным, известно семь следующих мелких месторождений элювиальных каолинов, запасы которых числятся на Государственном балансе: Майдан-Вильское, Купинское, Буртынское, Судимонтское, Савичское, Красноставское и Старый лес. Месторождения располагаются в коре выветривания гранитоидных пород калиевого комплекса и биотито-плагиоклазовых гнейсов. Мощности каолинов не превышают 10 м при вскрыше 1,5—5 м. Химические анализы проб Майдан-Вильского месторождения позволяют отнести его к щелочным каолинам, на других месторождениях разведочные выработки, вероятно, не достигли переходной зоны. Форма залегания каолинов не установлена, площади разведки незначительные. Многие месторождения разрабатываются (или разрабатывались) цехами Майдан-Вильского завода огнеупоров.

К северу от Дубровско-Майдан-Вильского района несколько обособленно располагаются еще два месторождения элювиальных каолинов, числящиеся на Государственном балансе — Шаберовское и Дермановское. Последнее заслуживает внимания как объект дальнейшего изучения. Его подсчитанные запасы каолинов составляют 1155 тыс. т, но могут быть увеличены, так как месторождение не оконтурено. В настоящее время оно разрабатывается для местных целей. В этом же районе располагается перспективное Клессовское месторождение щелочных элювиальных каолинов, характеризующихся высоким содержанием щелочей при незначительном количестве красящих окислов.

Турбовско-Глуховецкий район расположен на северо-востоке Винницкой области, общая площадь его составляет 800—1000 км². Здесь расположено 10 разведанных месторождений с подсчитанными запасами 200 млн. т.

Докембрийские породы представлены главным образом чудново-бердичевскими гранитами и их мигматитами (винницитами), частично кировоградскими и житомирскими микроклин-плагиоклазовыми гранитами, а также биотит-плагиоклазовыми гнейсами. Средняя мощность площадной коры 12—20 м. Профиль выветривания полный, каолинитовая зона присутствует почти повсеместно. Мощность линейных элементов коры резко увеличена и достигает 40—60 м, в отдельных случаях (Глуховецкое и Турбовское месторождения) 100 м. Распространение коры выветривания контролируется Глуховецким и Синявским внутриблоковыми разломами, выраженными зонами катаклаза и повышенной пористостью материнских пород. Глуховецкое месторождение является одним из крупнейших в Советском Союзе.

Месторождение административно относится к Казатинскому району Винницкой области и расположено на юго-западной окраине пос. Глуховцы, в 10 км от г. Казатина. Оно приурочено к водораздельной части пологого левого берега балки Глуховецкой, правого притока р. Гнилопяти.

В геологическом строении месторождения принимают участие кора выветривания пород докембрия и покровные четвертичные (флювиогляциальные) отложения мощностью от 1—2 до 19 м (рис. 5).

Выделены кировоградско-житомирские и чудново-бердичевские граниты и их мигматиты, а также биотит-плагиоклазовые гнейсы, инъецированные пегматитами, аплитами и пегматоидными гранитами (рис. 6). Мощность каолинов зависит от петрографического состава материнских пород: на гнейсах она вдвое больше, чем на гранитах.

Месторождение состоит из двух основных (700×900 и 900×950 м) участков: Западного и Восточного. На Западном участке развиты пре-

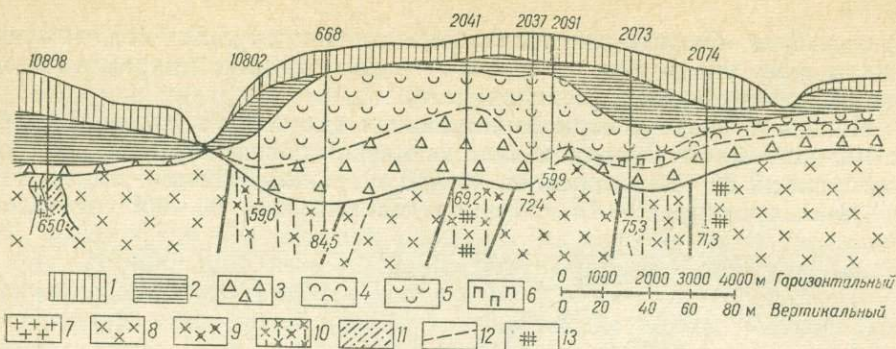


Рис. 5. Геологический разрез Глуховецкого месторождения

1 — четвертичные отложения; 2 — неогеновые отложения; кора выветривания: 4 — зона неполной каолинизации; 5 — каолиновая зона; 3 — дресвяная зона; 6 — пеликанитизированные участки коры выветривания; 7 — граниты аплито-пегматонидные кировоградско-житомирского комплекса; 8 — граниты гранато-биотитовые чудново-бердичевского комплекса; 9 — граниты биотитовые чудново-бердичевского комплекса; 10 — мигматиты гранато-биотитовых гранитов; 11 — гнейсы биотито-плагноклазовые; 12 — зоны трещиноватости; 13 — катаклазированные участки

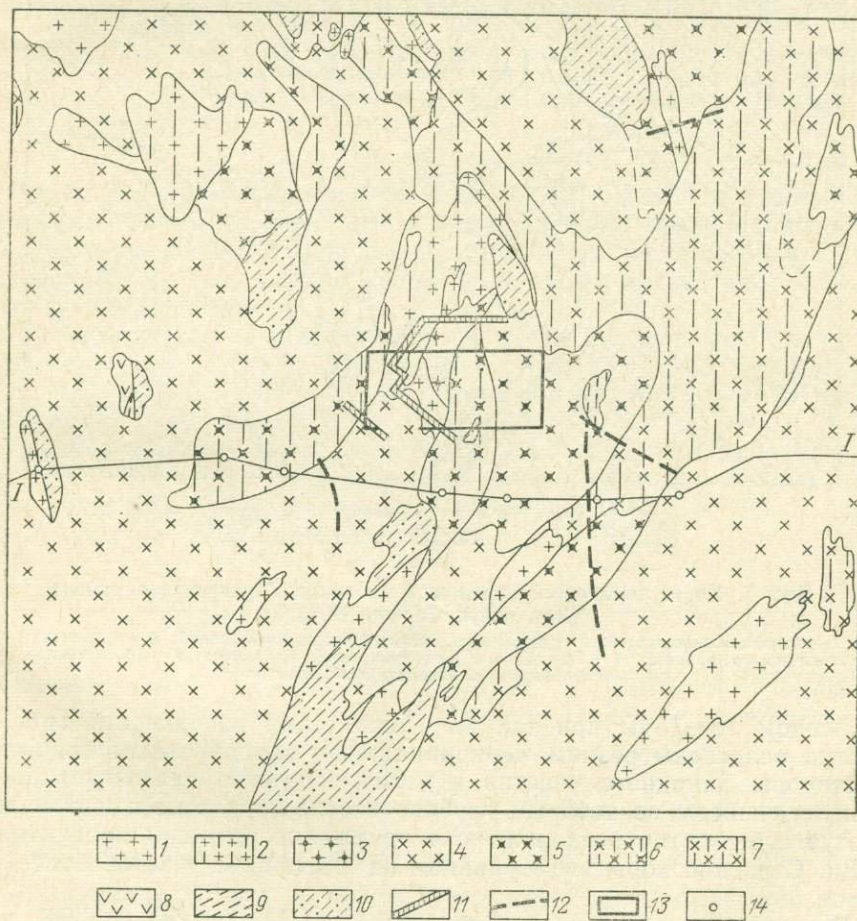


Рис. 6. Схематическая геологическая карта докембрийских образований Глуховецкого месторождения

Кировоградско-житомирский интрузивный комплекс:
 1 — граниты аплито-пегматонидные; 2 — мигматиты аплито-пегматонидных гранитов; 3 — граниты порфириновые. Чудново-бердичевский интрузивный комплекс: 4 — граниты гранато-биотитовые; 5 — граниты биотитовые; 6 — мигматиты гранато-биотитовых гранитов; 7 — мигматиты биотитовых гранитов; 8 — пироксениты; 9 — известняки кристаллические; 10 — гнейсы биотито-плагноклазовые; 11 — тектонические нарушения, подтвержденные бурением; 12 — тектонические нарушения, по геофизическим данным; 13 — контур Глуховецкого месторождения; 14 — скважины

имущественно биотито-плагиоклазовые гнейсы, чудново-бердичевские граниты и их мигматиты, на Восточном преобладают микроклинсодержащие кировоградские граниты и мигматиты.

Мощность разреза коры выветривания достигает в отдельных местах 100—120 м. На Западном участке максимальная мощность продуктивной толщи 65—75 м, средняя 25—40 м; на Восточном — максимальная 32 м, средняя 10—15 м; за пределами участков она составляет

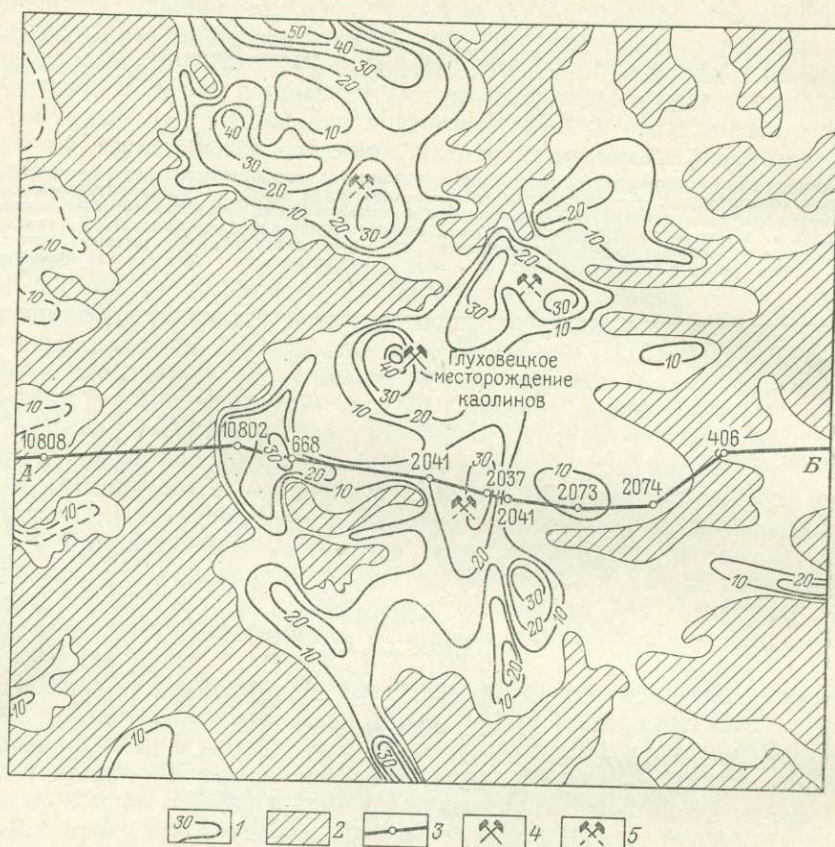


Рис. 7. Карта мощностей первичных каолинов Глуховецкого района (Кондрачук, Сонкин, 1971).

1 — изолинии мощностей; 2 — участки с размытой каолиновой зоной; 3 — линия геологического разреза; 4 — Глуховецкое месторождение каолинов; 5 — вновь открытые месторождения элювиальных каолинов

в основном 10—15 м при той же гипсометрии поверхности (рис. 7). Участки разделены резким меридиональным валообразным поднятием. Со стороны Западного участка к этому поднятию примыкает полоса развития гнейсов, по которым глубоко развивается кора выветривания, образуя субшироко расположенное понижение подошвы продуктивной толщи. Строение коры выветривания на Восточном участке более спокойное.

В профиле коры выветривания Ю. К. Иванов, Ю. А. Русько и Ю. Н. Теодорович (1971) выделяют три зоны: 1) начального разложения и дезинтеграции (20—30 м); 2) частичной каолинизации (20—30 м), в верхней части которой местами образуются малочисленные породы со значительной примесью микроклина; 3) полной каолинизации (30—70 м). Границы между зонами обычно нечеткие, извилистые, иногда выпадают отдельные зоны. Часто щелочной каолин прослеживается в верхней зоне, образуя жилообразные крутопадающие тела — следы каоли-

низированных пегматитовых жил. В кровле и подошве каолинов не-редки пеликаниты мощностью до 15 м.

Каолины представляют собой плотные породы от белого до кре-мового и серого цвета, с хорошо сохранившейся текстурой материнских пород, по которой можно различить гнейсовый, пегматитовый и гра-нитный каолины. Каолин-сырец имеет объемный вес 2,0, температуру плавления 1705—1775° С. Глинистая часть (<0,06 мм) составляет 52—60%, песчаная 40—48% при значительных колебаниях по отдельным пробам. Наибольший выход глинистой фракции отмечен у каолинов, сформированных по гнейсу и пегматиту.

Средний химический состав каолина-сырца пород Глуховецкого месторождения (в %) приведен в табл. 8.

Таблица 8

Материнская порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.	SO ₃
Кировоградский гранит	68,44	22,54	0,54	0,37	0,45	0,21	0,10	0,10	7,27	0,24
Чудново-бердичевский гранит	67,56	23,27	0,29	0,7	0,06	0,11	0,10	0,12	7,79	0,20
Мигматит	66,37	23,86	0,34	0,58	0,04	0,12	0,34	0,10	8,25	0,16
Гнейс	65,06	23,89	0,42	0,90	0,63	0,41	0,33	0,11	8,25	0,62

Наиболее титанистые каолины связаны с гнейсами и чудново-бер-дичевскими гранитами, которые на месторождении преобладают. Сред-нее содержание Fe₂O₃ в сырце высокое; при обогащении оно почти удва-ивается, поэтому глуховецкие каолины по этому показателю отвечают III сорту для керамики.

Химический состав обогащенного каолина Глуховецкого месторож-дения следующий (в %): SiO₂ 45,9—49,3; Al₂O₃ 35,0—39,3; Fe₂O₃ от сле-дов до 4,6; TiO₂ 0,1—4,7; CaO от следов до 0,9; MgO 0—1,2; K₂O от следов до 0,7; Na₂O 0—0,3; п.п.п. 12,8—13,8.

Среднее валовое содержание Fe₂O₃ в обогащенном каолине 0,6—0,9%; TiO₂ 0,7—1,1%. В зависимости от типа исходных пород отме-чается некоторая дифференциация. Содержание Fe₂O₃ и TiO₂ в обога-щенном каолине (в %) приведено в табл. 9.

Таблица 9

Материнская порода	Fe ₂ O ₃				TiO ₂			
	Крайние значения		Преобладающие значения		Крайние значения		Преобладающие значения	
	от	до	от	до	от	до	от	до
Кировоградский гранит	0,1	3,8	0,3	1,2	0,1	2,0	0,2	1,0
Чудново-бердичевский гранит	Следы	4,4	0,3	1,3	Следы	3,3	0,5	1,3
Его безгранатовый миг-матит	0,1	3,8	0,1	1,1	„	2,4	0,8	1,6
Пегматоидный гранит	Следы	2,8	0,1	0,8	„	4,4	0,2	1,0
Гнейс	—	—	Среднее	1,0	—	—	Среднее	1,33

Содержание CaO в обогащенном каолине 0,3—0,4%. Белизна обо-гащенного каолина колеблется в пределах 85—90%. Высшей белизной характеризуются каолины по пегматоидным и безгранатовым чудново-бердичевским гранитам, низкой—по гранатовым разностям этих гра-нитов и их мигматитам.

Обогащенный каолин на 85—98% состоит из каолинита двух разновидностей: по полевому шпату и слюдам. Размер чешуек первой преобладающей разновидности 0,01—0,001 мм, второй — 0,027—0,054 мм. Примеси представлены лейкоксеном, карбонатами, гидрослюдами, микроклином, гидроокислами железа.

В зависимости от содержания железа и титана, а также белизны обогащенный каолин подразделяется по ГОСТ 6138—61 на четыре основных сорта: высший, I, II и III. Содержание высоких сортов для бумаги составляет 45—50% всех запасов.

Каолины Глуховецкого месторождения широко используются различными отраслями промышленности, главным потребителем является бумажная промышленность. Для получения высшего сорта, используемого для покрытия бумаги, производится (пока в небольших размерах) дополнительное фракционирование каолинов с получением концентрата, содержащего частиц менее 5 мк 85,6—91,1% и частиц более 20 мк 1,3—2,1%.

Для производства радиокерамики и кабеля пригодны 13—18% запасов месторождения, а для электротехнического фарфора и резины — 46—50%. Сортовой состав полезной толщи подвержен большим колебаниям и нуждается в уточнении при эксплуатации.

Для производства шамотных изделий пригодны все сорта каолина, так как огнеупорность обогащенного каолина месторождения выше 1730°С. Для получения силумина могут быть использованы только высшие сорта (13—18% запасов).

«Пески» — кварцевая фракция каолинов, выход которой на сите 0056 мм составляет в среднем около 30%, поставляются на фарфоро-фаянсовые и другие керамические заводы, а также для производства мягкой кровли (толь, рубероид) и абразивов. Гранулометрический состав их (в %) приведен в табл. 10.

Таблица 10

Исходная порода	Размер фракции, мм							
	>0,63		0,63—0,2		0,2—0,09		0,09—0,056	
	Крайние значения	Преобладающие значения	Крайние значения	Преобладающие значения	Крайние значения	Преобладающие значения	Крайние значения	Преобладающие значения
Граниты	46—88	74—75	8—34	12—19	1,8—15	4—8	0,2—11	1—3
Мигматиты	15—83	46—69	12—51	22—40	3,7—40	8—8	0,9—19	2—9
Гнейсы	22—79	—	13—51	—	5,1—22	—	3,1—6,0	—

«Пески» состоят на 99—99,7% из кремнезема при содержании Fe_2O_3 от 0,05 до 0,2%.

Щелочные каолины, составляющие промежуточную зону при выветривании микроклинсодержащих пород, развиты на Западном участке почти по всей площади, на Восточном — преимущественно в центральной и восточной частях. Мощность их колеблется от 1,0 до 20,8 м, обычно 5—10 м. Развиты щелочные каолины в основном по кировоградским порфириновидным и пегматоидным гранитам, а также по пегматитам и мигматитам.

Выход песчаной фракции, в состав которой входят зерна калиевого полевого шпата, для щелочного сырца 55—65%, выход полевошпатового концентрата из щелочного песка 8—27% (отвечает выходу из каолина-сырца 6—12%). Содержание микроклина в песчанистой фракции каолина-сырца в зависимости от состава исходных пород от

15 до 35—50%, редко более. В концентрате в качестве примесей присутствуют зерна плагиоклаза, рутила, циркона, пластинки и чешуйки каолинита, мусковита, биотита. Микроклин концентрируется обычно во фракциях 0,2—0,09 и 0,09—0,056 мм.

Средний химический состав щелочного каолина-сырца (в %) приведен в табл. 11.

Таблица 11

Исходная порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.
Граниты	62,0—69,6	19,6—23,5	0,5—1,3	0,2—0,9	0,1—0,4	3,5—5,5	0,2—0,3	4,3—6,1
Мигматиты	63,0—68,6	21,1—25,4	0,5—0,6	0,7—1,0	Следы—0,3	2,0—2,3	0,2—0,4	5,9—8,6

В глинистой части щелочных каолинов (благодаря мельчайшим реликтовым частицам микроклина) содержание K₂O составляет 0,83—2,7%, что значительно выше, чем для собственно каолинов. Запасы каолинов Глуховецкого месторождения на 1/1 1971 г. составляли 34,8 млн. т по категориям В+С₁ и 189,61 млн. т по категории С₂. Запасы щелочных каолинов подсчитаны, но не утверждались по категории С₂ (5,2 млн. т).

Они подсчитаны при сумме K₂O и Na₂O в сырце, превышающей 2%, среднем выходе полевошпатового концентрата из каолина-сырца 8% и средней мощности кондиционных по Fe₂O₃ щелочных каолинов 4,3 м. Извлечение полевошпатовых концентратов признано нецелесообразным в связи с их низким выходом.

Ориентировочная сортность каолинов (в %), подсчитанная по данным разведки, приведена в табл. 12.

Таблица 12

Участок и категория запасов	Распределение сортов, %										
	Для керамики				Для бумаги						
	I	II	III	IV	Некондиционный	Высший	I	II	III	Некондиционный	
Западный											
категория В . . .	16	25	30	16	13	19	26	28	26	1	
категория С ₁ (на гнейсах) . . .	17	30	30	19	4	9	12	25	54	—	
Восточный											
категория В . . .	23	32	23	15	2	20	29	27	24	—	
категория С ₁ (на гранитах)	7	31	33	18	11	14	18	30	37	1	

Качество каолинов Восточного участка выше, чем Западного. Нижние горизонты каолиновой толщи обводнены. В связи со слабой изученностью гидрогеологических условий запасы обводненных каолинов отнесены к категории С₁. Запасы сухих каолинов в значительной мере выработаны, а оставшиеся имеют пониженное качество. Необходимо провести работы по доразведке месторождения и выявлению новых участков.

Горнотехнические условия эксплуатации месторождения благоприятны для ведения открытых горных работ. Мощность вскрыши на

первом участке 0,5—2,7 м (средняя 1 м), на втором от 0,1 до 13,5 м. Месторождение разрабатывается роторными и ковшовыми экскаваторами. Из 395 тыс. т обогащенного в 1969 г. мокрым способом каолина по сортам для бумаги получено: высшего сорта 7,4 тыс. т, I сорта 104,1 тыс. т, II сорта 214 тыс. т, III сорта 49,4 тыс. т. Сухим обогащением произведено 32,6 тыс. т каолина, отгруженного в основном предприятиям химической промышленности.

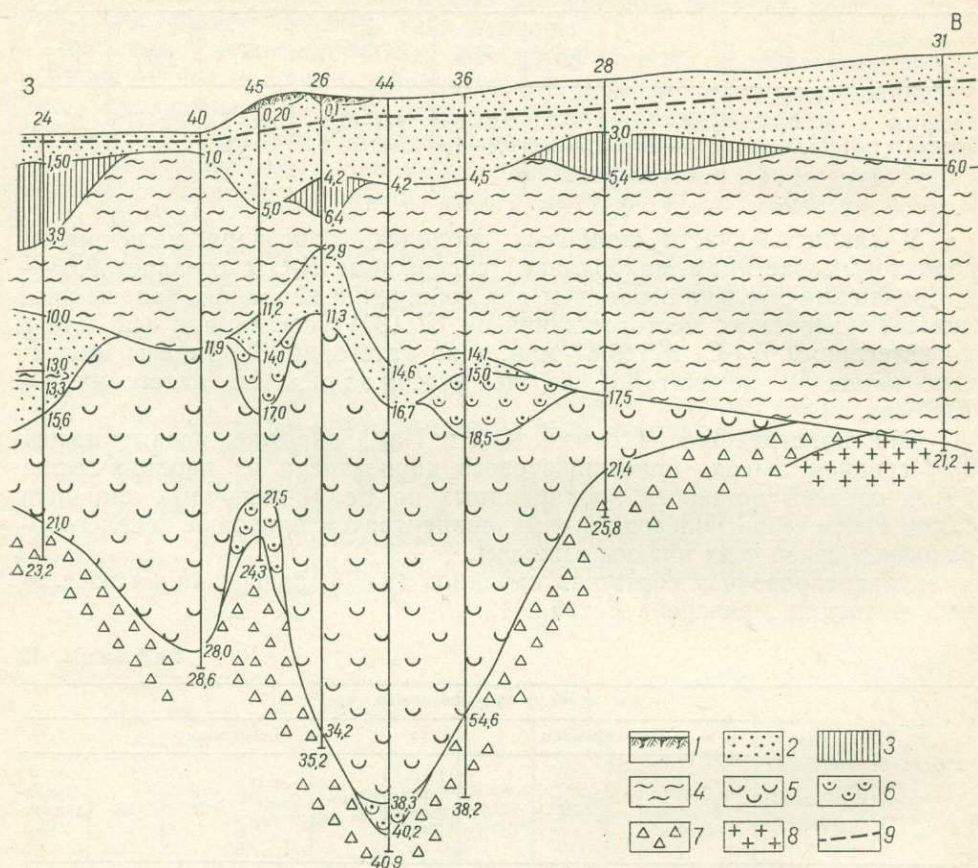


Рис. 8. Геологический разрез Турбовского месторождения

1 — растительный слой; 2 — песок кварцевый; 3 — суглинки; 4 — глина; 5 — каолин (кондиционный); 6 — каолин (некондиционный); 7 — дресва кристаллических пород; 8 — исходные кристаллические породы; 9 — уровень грунтовых вод

Поисковые работы выявили перспективные участки (Велико-Гадоминецкий, Губинский, Гурицкий и др.), качество каолина на которых аналогично Глуховецкому. Количество участков достигает 15. Перспективные запасы по ним составляют около 3 млрд. т.

Турбовское месторождение расположено в Липовецком районе Винницкой области на южной окраине пос. Турбов, в междуречье р. Десны и ее притоков (рис. 8).

Разведкой выделено восемь участков, из которых первые пять разработаны. Сведения о мощностях вскрыши и полезной толщ по оставшимся трем участкам приведены в табл. 13.

Элювиальные каолины Турбовского месторождения слагают верхнюю зону линейно-площадной коры выветривания гранат- и кордиерит-содержащих гнейсов максимальной мощностью 104 м.

Химический состав обогащенного каолина следующий (в %): SiO_2 39,55—54,9; Al_2O_3 28,64—40,32; Fe_2O_3 0,34—2,6; TiO_2 следы — 2,8; п.п.п.

Таблица 13

Участок	Мощность, м					
	каолин			вскрышные породы		
	от	до	средняя	от	до	средняя
V поисковый	0,4	17,3	5,0	0,5	19,0	9,5
VII "	4,2	22,8	12,5	7,4	18,8	14,5
VIII "	2,0	21,9	11,3	2,3	17,6	10,8

7,64—14,87. По ряду проб содержание кремнекислоты для каолина несколько ниже теоретического. Колебания химического состава близки для разных участков, кроме железа для V поискового участка, где 25% проб содержат больше 2,6% Fe_2O_3 . В связи с этим кремновые каолины данного участка являются низкосортным сырьем; белые и кремновые каолины VII и VIII участков пригодны в качестве наполнителя при производстве заменителей кожи и технических тканей. Участок VII в основном выработан. В целом белые разности составляют 20% массы каолинов.

Особенно ценным свойством турбовского каолина является высокая дисперсность: средний размер частиц 2,2—2,8 мк; у глуховецкого каолина 3,2—4,2 мк. По Б. С. Лысину, средний размер частиц отмученного турбовского каолина 2,8 мк. В каолине Ю. А. Русько зафиксировано невысокое содержание тонкодисперсного кварца в глинистой фракции и значительное количество (до 30%) метагаллуазита, что повышает его адсорбционные свойства.

Запасы каолинов Турбовского месторождения на 1/I 1971 г. составляют 5,58 млн. т. В 1970 г. добыто 160 тыс. т каолина-сырца (проектная мощность Турбовского каолинового завода 135 тыс. т), получено путем мокрого обогащения 54 тыс. т концентрата, в том числе белого: I сорта 0,6 тыс. т; II — 9,5 тыс. т; кремового I сорта 42,8 тыс. т; III сорта 0,8 тыс. т.

Основная масса каолиновых месторождений Северо-Западной субпровинции сконцентрирована в северной части. К югу от Турбовского находится Палайковское месторождение переотложенных каолинов, единственное в пределах щита содержащее примесь алунита. Оно представлено линзой длиной 6 км, залегающей над сарматскими известняками. Мощность линзы 2—16 м, вскрыши 3—20 м. Каолин содержит избыток глинозема (Al_2O_3 до 41,3%) и обладает повышенной огнеупорностью (до 1810°С). Содержится Fe_2O_3 0,2—1,2%; SO_3 4,4%; CaO 3,1%. Запасы на небольшом участке по категории C₁ 196 тыс. т.

В Северо-Западной субпровинции установлено свыше 20 месторождений, приуроченных большей частью к коре выветривания кристаллических пород. Они не учитываются балансом. Заслуживают внимания только месторождения Житомирской группы, район Дермановского и Клессовского месторождений в Ровенской области, а также юг Винницкой области.

Центральная субпровинция

В Центральной части Украинского щита породы кристаллического цоколя перекрыты мощной толщей палеогена и неогена. Граница с северо-западным блоком, где коренные породы во многих случаях перекрываются лишь четвертичным покровом, проходит в субмеридиональном направлении и является границей двух каолиновых субпровинций: Северо-Западной и Центральной. От Приднепровской Центральной суб-

провинция отделяется широкой субмеридиональной полосой криворожских аномалий.

Территориально субпровинция охватывает Черкасскую, Кировоградскую и частично Днепропетровскую и Киевскую области (рис. 9).

На этой площади известно 30 месторождений элювиальных каолинов и семь месторождений и проявлений переотложенных каолинов.

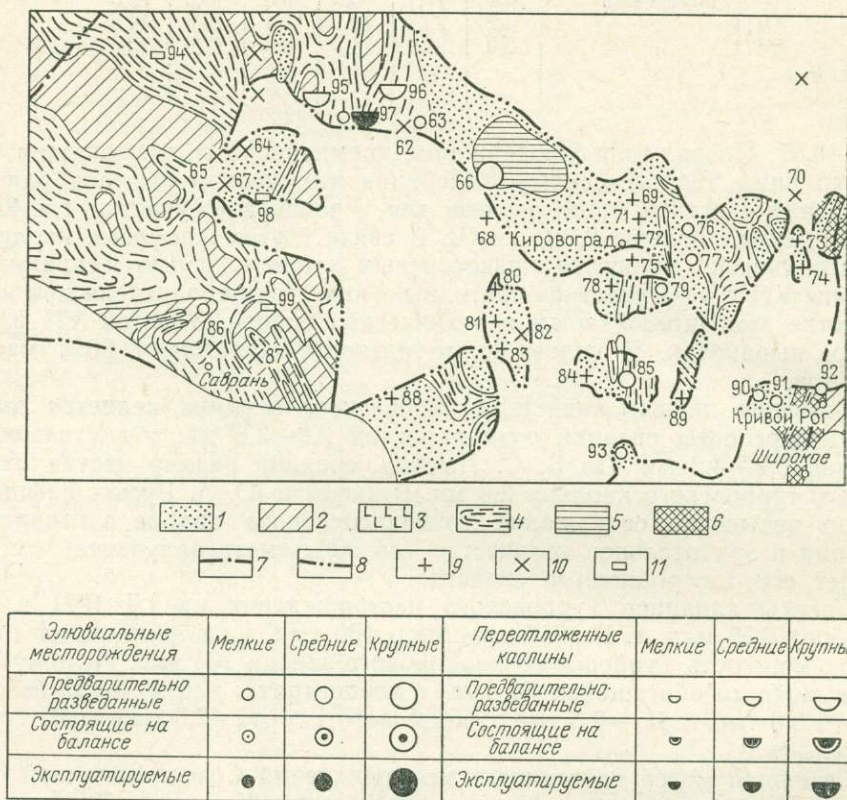


Рис. 9. Обзорная карта Центральной каолиноносной субпровинции УССР

1 — каолины на гранитах екатериновских, житомирских, днепровских и др.; 2 — каолины на гранитах чудново-бердичевских, кременчугских, звенигородских, плагиогранитах, гранодиоритах и др.; 3 — каолины на щелочных изверженных породах; 4 — каолины на разнообразных мигматитах и гнейсах; 5 — каолины на габброидных породах; 6 — кора выветривания пород железорудной формации; 7 — разрывные нарушения; 8 — линия нулевой изомощности коры выветривания. Проявления и проявления элювиальных каолинов: 62 — Окнинское; 63 — Капустинское; 64 — Городецкое; 65 — Викторовское; 66 — Каменское; 67 — Уманьское; 68 — Маловыськовское; 69 — Кондоуровско-Нововасильевское; 71 — Аджамковское; 70 — Александрійское; 72 — Покровское; 73 — Олимпиадовское; 74 — Петровское; 75 — Завадьевское; 76 — Молодецкое; 77 — Вершино-Каменское; 78 — Лозоватское; 79 — Котенковское; 80 — Новогородское; 81 — Леонтовичское; 82 — Ровненское; 83 — Софиевское; 84 — Шевченковское; 85 — Вертиева Балка; 86 — Каменно-Бродское; 87 — Молдавское; 88 — Останковское; 89 — Ворошиловское; 90 — Гейковское; 91 — Христофоровское; 92 — Мудренское; 93 — Софиевское. Месторождения и проявления переотложенных каолинов: 94 — Бурковецкое; 95 — Рыжанинское; 96 — Звенигородское; 97 — Новоселицкое; 98 — Майданецкое; 99 — Головановское.

Наиболее изучено Каменское месторождение элювиальных каолинов (рис. 10), расположенное в пределах Новомиргородского массива основных пород (каолин на монцонитах и лабрадоритах). Площадь месторождения около 10 км². Каолины имеют мощность 40 м (средняя 5—7 м), залегают в виде пластообразной залежи под вскрышей примерно такой же мощности. Они характеризуются низким качеством: малой белизной, большим содержанием (15—18%) Fe₂O₃ и TiO₂ (8%). Для них характерен избыток Al₂O₃ против теоретически допустимого для каолинита (до 45%). Запасы каолинов по категориям В и С₁ со-

ставляют 76 млн. т. Эти каолины рекомендуются для производства глинозема.

На Звенигородском проявлении элювиальных каолинов, развитых на гранодиоритах и диоритах, содержание свободного глинозема

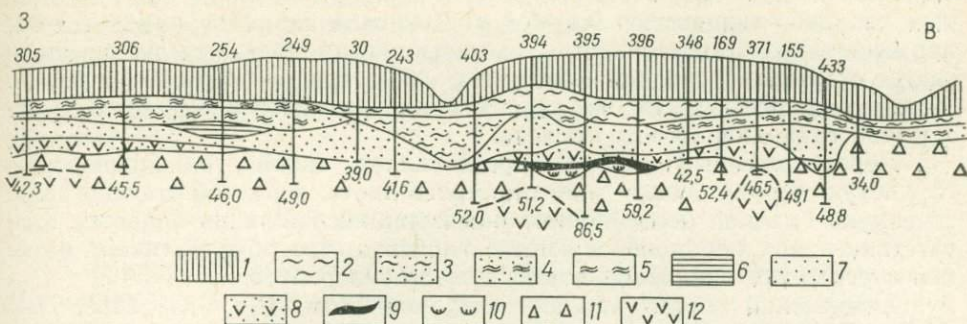


Рис. 10. Геологический разрез Каменского месторождения

1 — суглинок плотный; 2 — глина песчанистая; 3 — песок кварцевый, глинистый; 4 — глина красновато-бурая; 5 — песок кварцевый, красновато-бурый, глинистый; 6 — глина серая, зеленовато-серая, плотная; 7 — песок кварцевый, мелкозернистый; 8 — песок глауконитовый, зеленый; 9 — уголь бурый; 10 — каолин серый, песчанистый; 11 — каолин элювиальный; 12 — деревья существенно плагноклазовых пород

в форме гиббсита 17%. Вероятно, при перемыве и переотложении такого типа элювиальных каолинов образовались залежи переотложенных каолинов, залегающие в кровле коры выветривания Черкасской области и слагающие крупные месторождения (Новоселицкое, Звенигородское, Писчиковское, Рыжановское). Из них только Новоселицкое месторождение детально разведано и эксплуатируется для добычи ценного огнеупорного сырья (рис. 11).

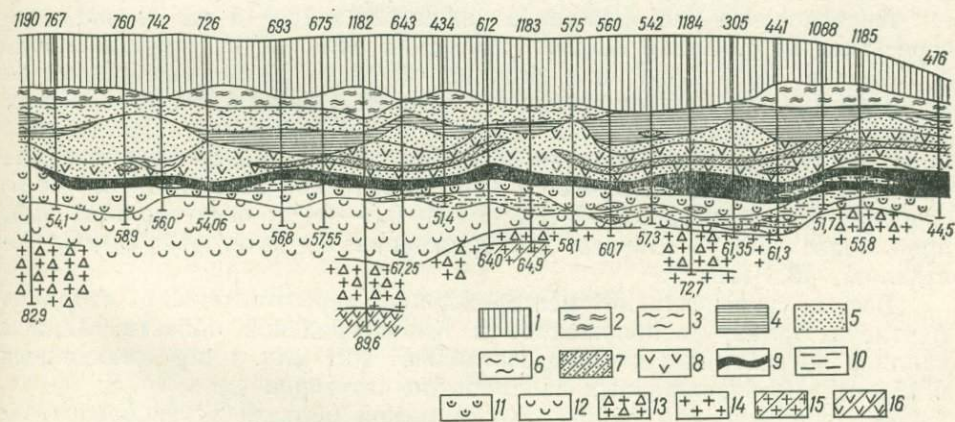


Рис. 11. Геологический разрез Новоселицкого месторождения

1 — растительный слой и суглинок плотный; 2 — глина красновато-бурая, плотная; 3 — песок кварцевый, мелкозернистый, кирпично-красный; 4 — глина желтовато-серая, плотная, ожелезненная; 5 — песок кварцевый, мелкозернистый, желтовато-серый; 6 — глина зеленовато-серая, плотная; 7 — песчаник кварцевый, серовато-зеленый; 8 — песок кварцевый, мелкозернистый, зеленый; 9 — уголь бурый; 10 — песок кварцевый, мелкозернистый; 11 — каолин переотложенный, серый и темно-серый; 12 — каолин элювиальный, желтовато-серый; 13 — древесные продукты разрушения кристаллических пород; 14 — гранит и пегматит; 15 — мигматит; 16 — гнейс биотитовый и амфиболо-биотитовый

Оно находится в Звенигородском районе Черкасской области, у юго-восточной окраины с. Новоселица, в 20 км к югу от г. Звенигородка, на правом берегу р. Гнилой Тикич. Площадь промышленной части залежи 2,5—3 км². Переотложенные каолины образуют два пласта: нижний, или

основной подугольный, приуроченный к средней части бучакской свиты (эоцен), и верхний (надугольный), расположенный в верхней части этой свиты. Мощность основного пласта 0,4—24 м (средняя 5 м). Верхний пласт маломощный и промышленного значения не имеет. Внутри основной залежи встречаются прослои и линзы песка и некондиционных каолинов мощностью 0,1—5,4 м. В кровле каолинов находятся не-промышленные (запесоченные, высокозолые) бурые угли, пески и глины суммарной средней мощностью 35 м при колебаниях от 2,5 до 63 м, в подошве — пески, местами элювиальные каолины и дресва мигматитов гранодиоритового состава.

Переотложенный каолин представляет собой тонкодисперсную глинистую породу светло- и темно-серого цвета, в разной степени запесоченную. Главной особенностью новоселицких каолинов является присутствие в них породообразующего гиббсита, что обуславливает высокое содержание глинозема и высокую огнеупорность.

Химический состав каолина следующий (в %): SiO_2 25,2—71,6; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 36,8—70,1; Fe_2O_3 0,2—7,63; CaO 0,03—0,14; MgO 0,06—0,28; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 0,07—0,4; п.п.п. 13,25—25,4.

Выделяются три сорта новоселицких каолинов: особый с $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ более 45%; I с $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 42—45%; II с $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 35—42%. Содержание особого и I сортов в целом по залежи составляет 90% (особого 77%).

Запасы каолинов Новоселицкого месторождения приведены в табл. 4. Добыча составила за 1970 г. 178 тыс. т, планируется ее увеличение до 700 тыс. т.

Рыжановское месторождение характеризуется значительно большей глубиной залегания (средняя 68 м) и меньшим содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ (38—47,5%). Его перспективные запасы 44 млн. т. Возраст каолинов предположительно апт-альбский.

Аналогичное по условиям залегания и качеству Звенигородское месторождение обладает прогнозными запасами 36 млн. т.

Писчиковское месторождение находится в 12—15 км на запад-северо-запад от г. Белая Церковь Киевской области, на правом склоне р. Каменки. Переотложенные каолины образуют здесь три крупные по площади линзы в нижнемеловых отложениях. Общая площадь промышленной части месторождения около 5 км². Мощность покрывающих пород от 17,6 до 45 м (средняя 33 м), каолина от 0,2 до 18,4 (средняя 5,6 м). Содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ (на прокаленное вещество) 20—66%, свободного глинозема 2,3—21,2%; Fe_2O_3 0,3—4,4%; огнеупорность 90% проб более 1700°С. Запасы месторождения по категории $\text{C}_1 + \text{C}_2$ составляют 48,2 млн. т.

Весьма перспективно месторождение переотложенных каолинов Вертиева Балка, расположенное в Кировоградской области. Запасы каолина по неполным данным составляют 2,01 млн. т переотложенных и 15,2 млн. т элювиальных каолинов по категории C_2 .

В Попельнянском районе Житомирской области установлено Макаровское проявление переотложенных каолинов, ассоциирующих с бурными углями. Пласт переотложенных каолинов средней мощностью 2,5 м залегает на глубине 60 м под бучакскими отложениями.

Ряд месторождений элювиальных каолинов, содержащих умеренное и небольшое количество красящих окислов и расположенных на породах гранитоидного состава, изучен по единичным анализам и небольшому количеству выработок. Установлено широкое развитие микроклиновых, преимущественно кировоградских, в меньшей мере днепровских малослюдистых гранитов и метасоматитов (сиенитов), на которых развиты белые щелочные каолины мощностью 20—40 м, иногда бескварцевые, на 50—60% состоящие из слабо выветрелого микроклина и содержащие в сырце 10—12% K_2O и до 0,4—0,5% Fe_2O_3 .

Проявление щелочных каолинов у с. Шевченко Бобринецкого района Кировоградской области представлено 15-метровой толщей, сложенной каолин-микроклиновой бескварцевой породой с F_2O_3 до 0,3%.

На юге Кировоградской и севере Николаевской областей установлены участки развития щелочных каолинов. Они, как правило, не оконтурены, запасы их оценены по единичным скважинам и составляют обычно 3—5 млн. т. Очевидно, здесь зона собственно каолинов большей частью размыта. Полный профиль коры сохранился лишь в северной части субпровинции под мощной толщей палеогеновых и неогеновых образований.

Приднепровская субпровинция

Территория щита к востоку от линии Кривой Рог—Пятихатка (Запорожская и Днепропетровская области) является второй главной составной частью Украинской каолиноносной провинции (рис. 12). Здесь расположены наиболее перспективные по качеству и запасам месторождения каолинов. Они обеспечивают до 40% добычи каолина. Добыча сконцентрирована на Присяновском месторождении элювиальных каолинов, значение которого резко возросло с открытием щелочных каолинов. Здесь спроектирована обогатительная фабрика мощностью 100 тыс. т кварц-полевошпатового концентрата в год. Всего в Приднепровской субпровинции 36 месторождений, из них 27 элювиальных каолинов. Часть мелких месторождений представлена элювиальными и переотложенными каолинами.

Элювиальные каолины Приднепровской субпровинции развиты и изучены неравномерно. Наиболее крупные месторождения их известны на левобережье Днепра в Синельниковском и Присяновском каолиноносных районах. Абсолютные гипсометрические отметки кровли коры выветривания в этих районах не ниже 90—110 м (обычно 150—170 м). Каолины развиты преимущественно на кислых породах. Бескварцевые каолины, вскрытые на сиенитах Терсянского массива и амфиболовых породах, промышленного значения не имеют ввиду повышенного содержания Fe_2O_3 (до 6%). К востоку от этих районов расположен Криворожско-Пятихатский район с рядом небольших и слабо изученных месторождений элювиальных и переотложенных каолинов.

Синельниковский район находится в междуречье Верхней Терсы и Днепра и занимает площадь 1300 км². Каолины развиты в основном по плагиогранитам и биотито-плагиоклазовым гнейсам, кварцевым диоритам и житомирским гранитам. Они характеризуются довольно высоким (до 1% и более) содержанием красящих окислов.

Собственно Синельниковское месторождение представляет собой покровную залежь, в разрезе которой установлены зоны дресвы и каолинов. Мощность первой 4—8 м, второй 15—20 м, вскрышных пород в среднем 18—25 м. Переходная зона при разведке не выделена.

Химический состав каолинов по кварцевым диоритам и плагиогранитам (в %) приведен в табл. 14.

Таблица 14

Разновидность каолинов	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	П.п.п.
По кварцевому диориту	52,70	33,70	1,28	0,95	0,30	10,5
По плагиограниту	67,25	22,40	0,85	0,85	0,20	8,40

Выход обогащенного каолина (фракция $<0,056$ мм) по кварцевым диоритам составляет 70—80%, по плагиигранитам 55—65%. Содержащие красящих окислов в обогащенных каолинах варьирует в широких пределах: Fe_2O_3 от 0,3 до 7,5%; TiO_2 от 0,17 до 2,60%. Огнеупорность каолинов 1580—1770°С. Обогащенные каолины по биотито-плагноклазовым гнейсам близки к плагиигранитовым каолинам и отвечают требованиям ко II и III сортам для керамики согласно ГОСТ 6138—61.

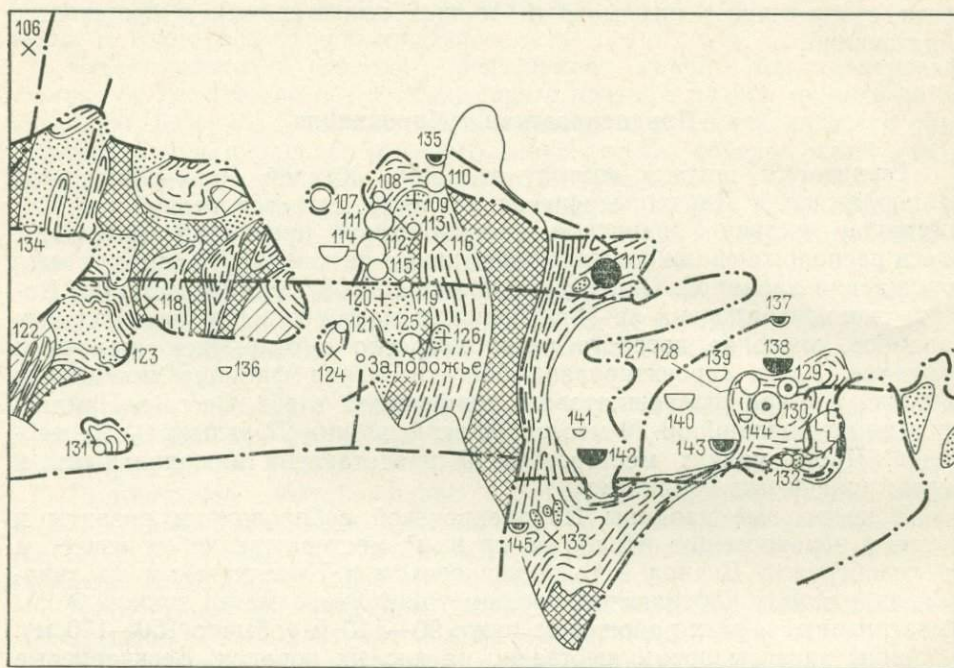


Рис. 12. Обзорная карта Приднепровской и Приазовской каолиноносных субпровинций. Условные обозначения см. на рис. 9

Месторождения и проявления элювиальных каолинов: 106 — Садовское; 107 — Любимовское; 108 — Татарка и Караванная Балка; 109 — без названия; 110 — без названия; 111 — Синельниковское; 112 — Цыгановское; 113 — Вишнецкое; 114 — Запорожское; 115 — Бигменское; 116 — Раздольевское; 117 — Просьяновское; 118 — Гуляй-Польское; 119 — Славгородское; 120 — Ново-Гупаловское; 121 — Михайловское; 122 — Новопетровское; 123 — Лошкарёвское; 124 — Гейковское; 125 — Янцевское; 126 — Никольское; 127—128 — Новоандреевские; 129 — Белая Балка; 130 — Мануильское; 131 — Усть-Каменское; 132 — Екатериновское; 133 — Богдановское; 134 — без названия; 135 — Любимовское. Месторождения и проявления переотложенных каолинов: 136 — Токмаковское; 137 — Константиновское; 138 — Владимировское; 139 — Ивановское; 140 — Санжаровское; 141 — Конские Раздоры; 142 — Положское; 143 — Затишанское; 144 — Богословское; 145 — Владовское

Общие запасы каолинов Синельниковского месторождения по категории C_1 составляют 797,5 млн. т при горном коэффициенте (количество каолина на 1 м³ вскрыши) 0,62. Запасы под вскрышей до 20 м составляют 234 млн. т.

Каолин-сырец Синельниковского месторождения пригоден для полукислых огнеупоров, а обогащенный — для шамотных огнеупоров; на отдельных участках могут быть выявлены каолины более высокого качества. Месторождение детально не разведывалось.

К юго-западу от Синельниковского месторождения, в 22—25 км от с. Акимовка, по долинам рек Осокоровки и Анненки на площади 18 км² в 1961—1963 гг. ооконтурено Акимовское месторождение переотложенных каолинов.

Каолины приурочены к кровле бучакской буроугольной формации (эоцен) и слагают более или менее сплошной пласт мощностью 1,3—11 м (средняя 3—4 м). В подошве переотложенных каолинов залегают углистые глины, бурый уголь, пески и некондиционные песчаные као-

лины общей мощностью 20—30 м, ниже элювиальные каолины на гнейсах и гранитах кировоградского типа. Мощность элювиальных каолинов 10—25 м. В кровле переотложенных каолинов находятся сарматские песчаные глины и глинистые пески, а также четвертичные суглинки общей мощностью 5—42 м (средняя 20—25 м). Химический состав переотложенных каолинов следующий (в %): SiO_2 48,5—60,9 (средний 50,60); Al_2O_3 23,4—39,7 (средний 29,8); Fe_2O_3 1,26—4,17 (средний 3,57); TiO_2 0,69—1,13 (средний 0,76); п.п.п. 9,05—12,61 (средний 11,6).

Огнеупорность переотложенных каолинов 1730—1770°С. Переотложенные каолины пригодны только для изготовления грубой керамики.

Элювиальные каолины Акимовского месторождения имеют следующий (в %) средний химический состав (табл. 15).

Таблица 15

Вид сырья	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	П.п.п.
Сырца	57,27	24,27	3,31	0,71	9,84
Обогащенный каолин . . .	45,36	33,40	3,88	0,77	12,73

Огнеупорность обогащенного каолина 1660—1770°С, выход концентрата 46—77%. Материнские породы неоднородны и представлены кроме гранитов петрографическими разностями со значительным содержанием слюды и, возможно, амфиболов. В основном каолины для промышленности непригодны.

Большой интерес представляет расположенное в 10 км к югу от Акимовского Ново-Гупаловское месторождение (названо по одноименному селу, в окрестностях которого оно расположено). Площадь его около 12 км².

Каолины Ново-Гупаловского месторождения слагают покровную залежь на гранитах днепровского типа, а также на мигматитах серых гранитов. Мощность каолинов 25,3 м (средняя 10,15 м). В песчаном остатке преобладают крупные (0,5—1 см) зерна кварца. Покрывающие породы представлены суглинками, красновато-бурыми глинами, местами сарматскими песчано-глинистыми породами общей мощностью 5—34 м (средняя 15—25 м).

Химический состав каолина-сырца Ново-Гупаловского месторождения следующий (в %): SiO_2 62,2—74,2; Al_2O_3 16,6—26,1; Fe_2O_3 0,23—2,63; TiO_2 0,03—0,64; Na_2O 0,30; K_2O 2,0; п.п.п. 5,0—10,0.

В единичных пробах содержание железа увеличивается до 4,8%, в основном редко превышает 1%.

Обогащенный каолин в подавляющем большинстве проб имеет следующий состав (в %): SiO_2 46,4—51,2; Al_2O_3 34,3—38,2; Fe_2O_3 0,45—0,80; TiO_2 0,10—0,48; п.п.п. 9,9—15,8.

Выход каолина (фракция <0,056 мм) 36—87%. Содержание белого цвета 90—95%, огнеупорность 1660—1770°С. На Ново-Гупаловской площади могут быть выявлены блоки первосортных каолинов для тонкой керамики и щелочные каолины для электрокерамики.

Запасы каолина, подсчитанные на основании редкой (более 1000 м) сети выработок, оценены в 335 млн. т (вне категорий); они, вероятно, завышены. Месторождение требует доразведки.

В Синельниковском районе имеется восемь мелких месторождений переотложенных и элювиальных каолинов, большей частью на породах гранодиоритового состава. Разрабатывается одно Вишневское месторождение для производства огнеупорного кирпича. Заслуживает

внимания Любимовское месторождение переотложенных каолинов (в 25 км к югу от Днепропетровска), в составе которых содержится галлуазит, а под ними залегают элювиальные каолины. К северо-востоку от с. Синельниково имеются значительные проявления маложелезистых каолинов на житомирских гранитах. Общие геологические запасы элювиальных каолинов Синельниковского района оцениваются в 25—30 млрд. т.

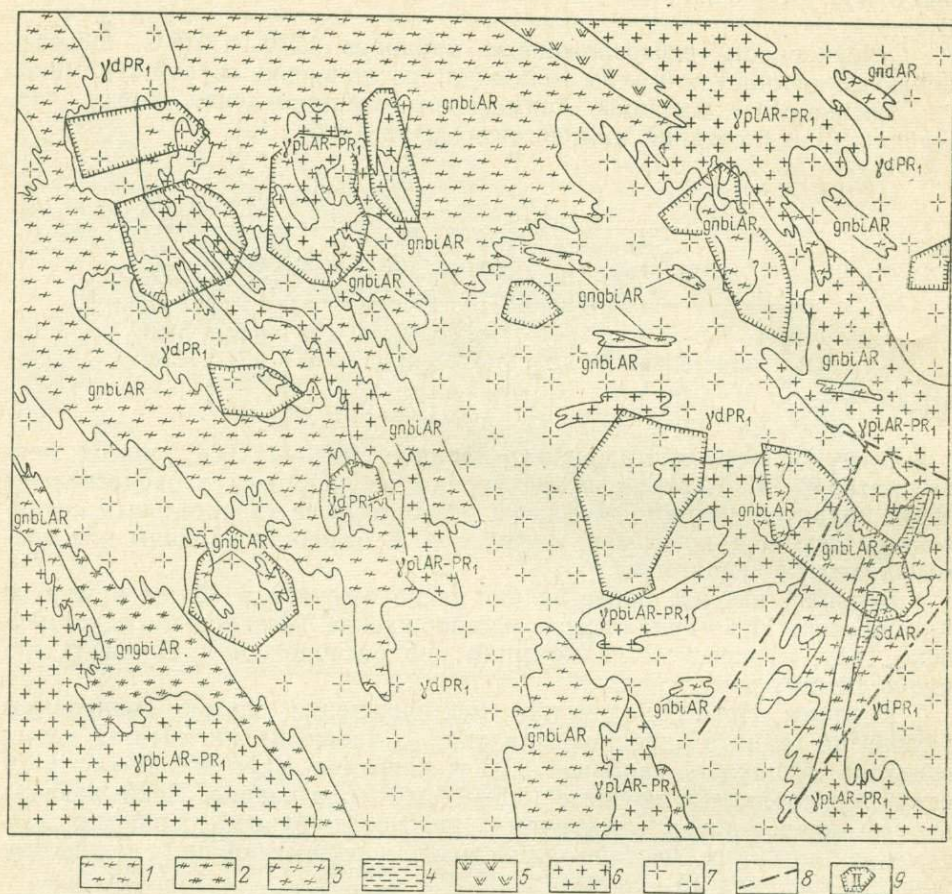


Рис. 13. Схематическая геологическая карта докембрийских образований Просяновского месторождения

1 — гнейсы биотито-плагиоклазовые (gnblAR); 2 — гнейсы гранато-биотитовые (gngblAR); 3 — гнейсы амфиболо-плагиоклазовые (gndAR); 4 — сланцы амфиболовые (SdAR); 5 — амфиболиты (mdAR); 6 — плагиограниты и их пегматиты (yplA-PR1); 7 — граниты аплито-пегматитовые и их мигматиты (ydp-AR); 8 — разрывные нарушения; 9 — контуры детально разведанных и поисковых участков

Просяновский район располагается к югу и юго-востоку от ст. Чаплино и занимает водораздельные пространства между р. Волчьей на западе и юге и р. Каменкой на востоке. С севера и северо-востока район контактирует с выходами карбона. Площадь его около 750 км², общие геологические запасы каолинов превышают 4 млрд. т. Наиболее изучен бассейн балки Берестовой, где на площади 220 км² разведкой полностью или частично оконтурено 12 залежей. Эта площадь объединяет Просяновскую группу месторождений с общими выявленными запасами более 500 млн. т. Административно она относится к Покровскому району Днепропетровской области.

Просяновский район находится на северном продолжении краевой Орехово-Павлоградской синклинали, на склоне Волчанского

антиклинория. Эта зона осложнена крупными меридиональными и поперечными разломами и опущена на значительную глубину по сравнению с соседними Приднепровьем и Приазовьем. Геологическую основу района составляют разнообразные кристаллические породы докембрия (рис. 13).

На этих породах почти повсеместно, кроме долин рек и крупных балок, развита древняя кора выветривания предположительно мезозойского (юрского) возраста мощностью от долей метра до 120 м (рис. 14).

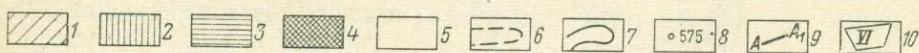
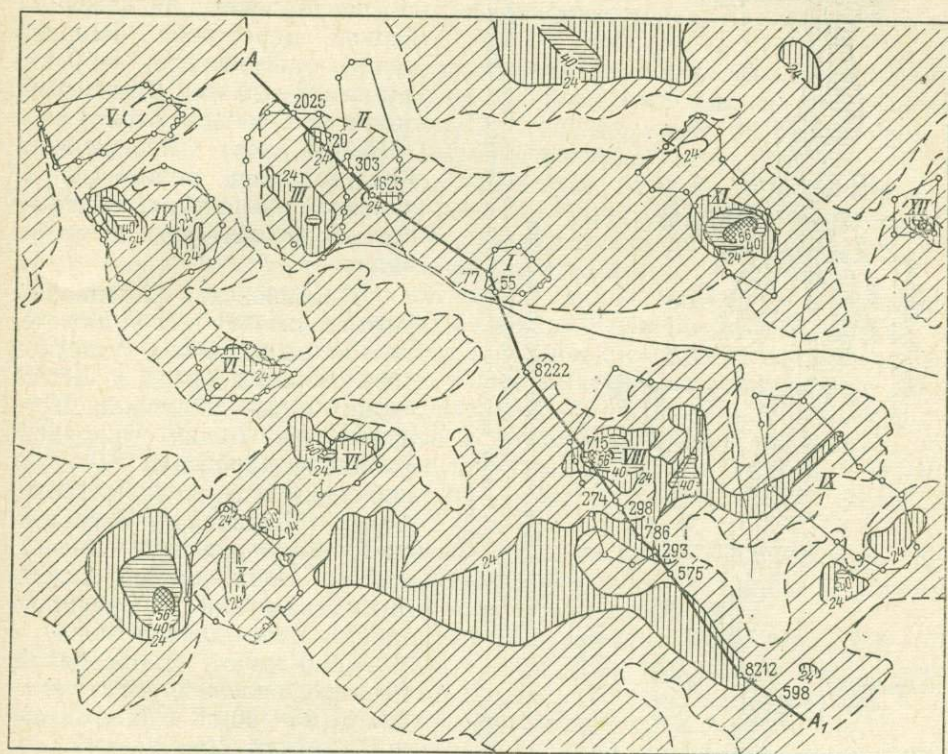


Рис. 14. Карта изомощностей каолинов Просянского месторождения

Мощности каолинов: 1 — от 0 до 24 м; 2 — от 24 до 40 м; 3 — от 40 до 56 м; 4 — более 56 м; 5 — отсутствие каолинов; 6 — линия нулевой изомощности каолинов; 7 — границы преимущественного распространения каолинов различной мощности; 8 — скважина и ее номер; 9 — линия геологического разреза; 10 — контур и номер участка (I — Маломихайловский, II — левый склон балки Скидяной, III — правый склон балки Скидяной, IV — Вершинский, V — Межинский, VI — Берестовский, VII — Киричковский, VIII — Западно-Дибровский, IX — Восточно-Дибровский, X — Мечетный, XI — Москальцевский, XII — Гавриловский)

Большие мощности коры характерны для зон дизъюнктивных нарушений и контактов различных петрографических комплексов, они чаще наблюдаются на плагиопородах. В соответствии с петрографическими типами материнских пород различаются три типа профиля выветривания: 1) на амфиболитах и амфиболовых гнейсах; характерно наличие в переходной зоне монтмориллонита; 2) на гнейсах и плагиопородах; переходная зона содержит довольно много гидратированных слюд; 3) на породах днепровско-токовского комплекса; верхняя часть переходной зоны представлена щелочными каолинами со щелочами в песчаной части (от 3—4 до 10—12%, соответственно микроклина от 20—30 до 70—80%).

Мощность переходной зоны 5—20 м, собственно каолинов 60—65 м (средняя 18—25 м), щелочных 5—10 (иногда до 27 м).

Кора выветривания на водоразделах и в древних руслах балок перекрыта сарматскими песчано-глинистыми терригенными отложениями, иногда известковистыми, над которыми повсеместно развиты два горизонта четвертичных суглинков.

Общая мощность осадочного покрова изменяется от первых метров до 40—42 м.

Каолины распространены в виде двух полос субширотного направления, разделенных балкой Берестовой. Ширина полос от 2—3 до 8—10 км, длина 15—20 км. В западной части они соединяются узким (0,6—0,8 км) перешейком. Конфигурация полос неправильная, извилистая, обусловленная эрозией коры выветривания.

Просяновский каолиновый район включает в себя пять детально разведанных участков (Маломихайловский, Левый склон балки Скидяной, Правый склон балки Скидяной, Западно-Дибровский и Вершинский) и семь новых поисковых (Межинский, Берестовский, Киричковский, Мечетный, Восточно-Дибровский, Москальцевский и Гавриловский). Они расположены в 1,5—11,0 км от ст. Просяной. Размеры залежей этих участков от 25—30 га (Маломихайловский) до 3,2—3,7 км² (Западно-Дибровский), большинство участков не оконтурено.

В плане площади с повышенными мощностями каолинов имеют удлиненную форму северного, северо-восточного, северо-западного и субширотного направлений, разобщенных подьемами подошвы каолиновой толщи.

В разрезах продуктивная толща представлена пластообразными залежами с весьма неровными клино- и чашеобразными раздувами (рис. 15). Щелочные каолины редко образуют сплошные пластообразные залежи площадью от

нескольких десятков гектаров до 1 км², чаще они в виде жиллообразных тел различной мощности включены в толщу каолинов.

В кровле каолинов на глубине до 4—6 м часто фиксируются скопления порошкообразного кальцита, особенно вблизи вертикальных и

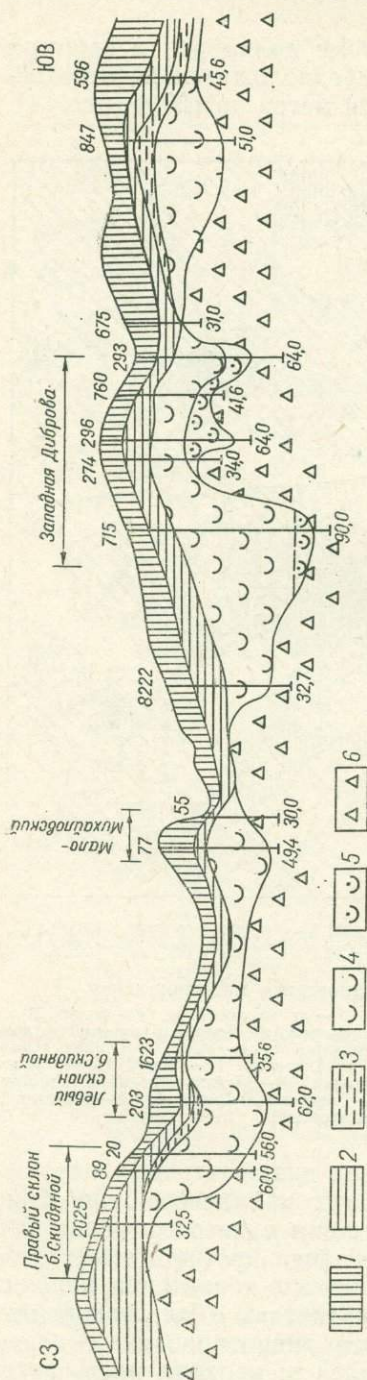


Рис. 15. Геологический разрез Просяновского месторождения

1 — суглинки желтовато-бурые, пооченный слой (Q); 2 — глина желтовато-бурая и красновато-бурая (N₂-Q); 3 — глины пестрые, пески с прослоями перекотленного каолина (N₁); 4 — выветривания (MZ); 5 — собственно каолины; 6 — каолины щелочные; 6 — дресва кристаллических пород

крутопадающих трещин. В связи с этим содержание CaO в отдельных пробах обогащенного каолина достигает 9—17%. Повышенные содержания карбоната кальция приурочены к участкам с минимальной вскрышей, сложенной водопроницаемыми суглинками. Изредка здесь наблюдаются кристаллы гипса. Там, где в кровле залегают сургучно-красные глины сармата, каолин на значительную глубину окрашен гидроокислами железа. Эти наблюдения позволяют выделить на месторождении горизонт инфильтрационных изменений.

На месторождении преобладают каолины, образовавшиеся при выветривании плагиоклазовых и микроклинсодержащих гранитов и мигматитов.

По реликтовым текстурам, вследствие неодинаковой размерности кварцевых зерен и различного их расположения, различаются каолины: гнейсовый полосчатый; гранитный с равномерным расположением более крупных зерен кварца; пегматитовый, обычно более белый, чем окружающие его гнейсовые и гранитные каолины с редкими, очень крупными зернами кварца. Промежуточное положение между гнейсовыми и гранитными каолинами занимает каолин по мигматиту, который можно ошибочно принять за гранитный или гнейсовый.

Глинистая часть каолинов почти нацело (90—95%) представлена каолинитом. Отдельные пробы содержат незначительную примесь гиббсита и галлуазита, лейкоксена и гидроокислов железа, иногда серицита, а в щелочных каолинах также выветрелого микроклина. Характерно наличие псевдоморфоз каолинита по слюде и полевому шпату. Различаются мелкочешуйчатый и крупночешуйчатый каолиниты, образующие иногда червеобразные сростки. В составе глинистой фракции преобладают частицы < 5 мк (65—75%), частицы > 20 мк составляют не более 6—10%.

В глинистой части щелочных каолинов резко увеличивается содержание мелких слабо разрушенных зерен полевого шпата и серицита, содержание которых нередко достигает 20—30%.

Обогащенный каолин содержит обычно 36—38,5% Al_2O_3 , 0,1—0,7% TiO_2 , 0,1—1,4% Fe_2O_3 , 0,3—0,6% CaO и 12,5—14% п.п.п. Огнеупорность каолинового концентрата 1710—1780°С. Содержание щелочей в нем 0,5—0,6%, в щелочном 1,5—2,5% при резком преобладании K_2O .

Химический состав каолиновых фракций (в %), полученных после обогащения разновидностей каолина, приведен в табл. 16. Минималь-

Таблица 16

Исходная порода	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	П.п.п.
Граниты	47,005	0,56	37,27	0,49	0,495	0,13	0,65	0,12	12,95
Мигматиты	46,81	0,64	37,81	0,56	0,53	0,06	0,59	0,10	12,90
Плагиограниты	46,56	0,42	38,35	0,50	0,505	0,05	0,405	0,09	13,11
Полимигматиты	46,66	0,495	37,88	0,54	0,605	0,05	0,40	0,12	13,27
Гнейсы	46,66	0,88	37,55	0,78	0,51	0,08	0,72	0,11	12,71
Пегматиты	46,88	0,87	37,94	0,30	0,48	0,05	0,75	0,14	12,41
Альбититы	47,43	0,95	37,54	0,43	0,44	—	—	0,17	12,71

ные содержания красящих окислов характеризуют каолины, возникшие по микроклинсодержащим породам и плагиогранитам. Каолины по плагиогранитам содержат максимальное количество глинозема.

Каолины Просяновского месторождения используются главным образом в обогащенном виде. Обогащение производится мокрым (гидроциклонным) и сухим способами. Каолиновые концентраты применяются преимущественно в тонкокерамической и бумажной промышлен-

ленности, крупные пески (25% отходов обогащения) — в строительстве, мелкие идут в отвал.

С позиций бумажной промышленности сортовой состав каолинов отдельных разновидностей почти постоянен. Высший и I сорта составляют во всех разновидностях 60—70%, некондиционный 1,0—4,0%.

Каждая разновидность каолина обнаруживает применительно к требованиям тонкокерамического производства следующее распределение по сортам (в %, табл. 17).

Таблица 17

Сорт по ГОСТ 6831—61	Собственно каолины			Щелочные каолины по микроклиновым гранитам и их мигматитам
	по гранитоидам	по мигматитам	по гнейсам	
Высший и I	48,0—70,0	14,0—20,0	2,0—5,0	33,0—47,0
II	24,0—27,0	25,0—30,0	20—40	26,0—33,0
III	4,0—30,0	32,0—50,0	25,0—30,0	27,0—41,0
Некондиционный	1,0—4,0	10,0—20,0	40,0—50,0	3,0—4,0

В 1970 г. на месторождении добыто 1440 тыс. т каолина-сырца: на Скидянском участке (Левый склон) 491 тыс. т, на Вершинском 949 тыс. т. Произведено обогащенного каолина 456,4 тыс. т. На Украине использовалось более 20% просяновского обогащенного каолина, остальной отправлялся на заводы Подмосковья, Западного Урала и в другие районы СССР. Небольшое количество каолина экспортируется на Кубу, в Индию, Италию и другие страны. Проектируется расширение комбината до 1 млн. т обогащенного каолина в год с попутной добычей микроклина (60 тыс. т в год).

Характеристика полевошпатового и пегматитового концентратов из щелочных каолинов по полупромышленным пробам приведена в табл. 18 (в %).

Таблица 18

Концентрат	Выход из каолина-сырца	Выход из песчаных фракций	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	CaO	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	Кварц
Пегматитовый	33,81	54,05	0,08	8,30	0,16	16,7	41,3
Полевошпатовый	14,77	23,61	0,05	15,82	0,16	20,4	3,40

Кварцевые пески, получаемые при обогащении каолинов верхней зоны, пригодны для тонкой керамики, производства бетона и строительных растворов.

Горнотехнические условия разработки месторождений Просьяновской группы благоприятные. Соотношение мощности вскрыши и каолина в среднем 0,5—0,9:1.

Данные о запасах и сортности каолинов Просьяновского месторождения по участкам приведены в табл. 19.

Участки Западно-Дибровский, Вершинский (западная часть), Маломихайловский, Москальцевский и Гавриловский приурочены в основном к породам днепровско-токовского комплекса с преобладанием калиевых полевых шпатов, остальные — к мигматитам и гнейсам (см.

Участок	Средняя мощность, м		Средняя мощность вскрыши, м	Запас по категориям В+С ₁ +С ₂ , тыс. т		Статистическое распределение запасов для керамики по сортам, %				Статистическое распределение запасов для бумаги по сортам, %			
	собственно каолинов	щелочных каолинов		собственно каолинов	щелочных каолинов	высший и I	II	III	некондиционный	высший и I	II	III	некондиционный
Западно-Дибровский	11,9	9,5	21,0	100 280	27 516	38/40 *	28/37	9/20	5/3	85,68	7/16	7/15	1/1
Вершинский	15	4,0	18,3	77 381	2 614	32/47	21/27	29/19	18/7	76/73	13/16	10/10	1/1
Правый склон балки													
Скидной	13,8	3,2	15	46 363	Нет	27	18	29	26	73	16	10	1
Левый склон балки													
Скидной	23,6	3	15,0	28 029	250**	19	35	23	23	49	24	24	3
Маломихайловский	10,0	5,0	12	8 281	Не опр.	30	31	35	4	74	25	1	—
Восточно-Дибровский	12,8	6,9	22	53 280	4 685**	28	13	27	32	66	11	22	1
Межинский	10,2	4,7	23,4	8 164	1 930**	21	21	30	28	88	7	5	—
Мечетный	10,6	3,8	20,2	50 673	35 619**	27	23	32	18	59	18	22	1
Москальцевский	11,5	5,5	21	58 830	36 896**	35	13	13	39	40	19	39	2
Гавриловский	13,8	7,6	34,6	16 229	8 464**	48	26	17	9	45	17	33	5
Киричковский	13,8	7,9	30,8	19 856	14 109**	20	32	37	11	94	5	1	—
Берестовский	7,9	6,3	26,3	53 889	26 945**	29	22	27	22	73	10	16,5	0,5

* Числитель — сортность собственно каолинов, знаменатель — сортность щелочных каолинов.

** Щелочные каолины включены в валовые запасы.

табл. 19). Первые три участка подготовлены к промышленному освоению, Вершинский эксплуатируется. Выход каолинового концентрата из нормального сырца в среднем составляет 50—55%, из щелочного 35—40% (можно также извлечь 15—20% микроклина).

Просьяновское месторождение является крупнейшим в СССР месторождением каолинового и калиевого полевошпатового сырья.

Пятихатско-Криворожский район, составляющий преобладающую площадь правобережной части Приднепровской провинции, изучен слабо. Здесь располагаются семь мелких месторождений и два крупных проявления элювиальных и переотложенных каолинов. Детально разведано и разрабатывается Пятихатское (Красно-Ивановское) месторождение огнеупорных глин и каолинов, расположенное в 5—7 км от г. Пятихатки. Полезная толща месторождения приурочена к миоценовым (полтавским) отложениям и представлена крупной линзообразной залежью огнеупорных глин каолинового состава. Площадь залежи 8 км², мощность огнеупорных глин от 0,1 до 15 м (средняя 4 м), глубина их залегания от 2 до 49 м. Внутри залежи имеются прослои бурого угля и песка. Залежь подстилается кварцевыми песками, местами переотложенными каолинами мощностью до 7,5 м. Каолины содержат 35—38% $Al_2O_3 + TiO_2$ и 2—3% Fe_2O_3 (на прокаленное вещество). Запасы огнеупорных глин 20,56 млн. т, вторичных каолинов 246 тыс. т. Месторождение в значительной мере выработано.

В районе с. Софиевка выявлены крупные Ново-Петровское и Гуляйпольское проявления огнеупорных эоценовых глин, залегающих на каолинах коры выветривания. Качество глин и каолинов невысокое, глубина залегания элювиальных каолинов довольно большая (60—70 м).

На остальных месторождениях района запасы элювиальных каолинов не превышают 4—5 млн. т при содержании 0,38—2,8% Fe_2O_3 (среднее более 1%). На Христофоровском месторождении каолины содержат обычно 0,5—0,8% Fe_2O_3 , на Гейковском в сырье до 2,8% щелочей. Вблизи г. Никополя на породах днепровского комплекса выделены перспективные площади элювиальных каолинов мощностью 10 м и более. Каолины этих перспективных площадей не изучены.

Приазовская субпровинция

Особенностью Приазовской субпровинции является высокое гипсометрическое положение поверхности и отсутствие осадочного чехла, поэтому кора выветривания здесь сильно размыта (рис. 16). Каолины связаны в основном с линейно-площадной корой выветривания. Общее количество каолиновых месторождений 10, из них элювиальных 4, остальные — переотложенные.

Элювиальные каолины развиты на различных гнейсах, каранских, екатерининских и других гранитах, мигматитах, нефелиновых сиенитах. В профилях коры выветривания на екатерининских гранитах и каранских мигматитах установлены щелочные каолины, по содержанию микроклина не уступающие просьяновским. На нефелиновых сиенитах развиты бескварцевые каолины, сильно загрязненные Fe_2O_3 . Учитывая локальное развитие коры выветривания, трудно ожидать выявления месторождений элювиальных каолинов удовлетворительного качества с запасами более 50 млн. т.

Основными месторождениями Приазовской субпровинции являются Белая Балка (Богородицкое) и Екатериновское. Первое расположено в 11 км к западу от ст. Волноваха и в 2 км к западу от с. Трудовое. Оно приурочено к склонам балки Белой. Абсолютные отметки водоразделов до 257 м, днища балки 140—160 м (рис. 17). Оно представляет собой крупную пластообразную линзу (неполностью оконтурен-

ную), приуроченную к тектонической зоне субмеридионального направления, которое примерно совпадает с направлением балки.

Докембрийский фундамент на западе и востоке слагают биотитоплагноклазовые гнейсы, инъецированные жилами пегматитов, в центральной части преобладают граниты типа каранских и их мигматиты.

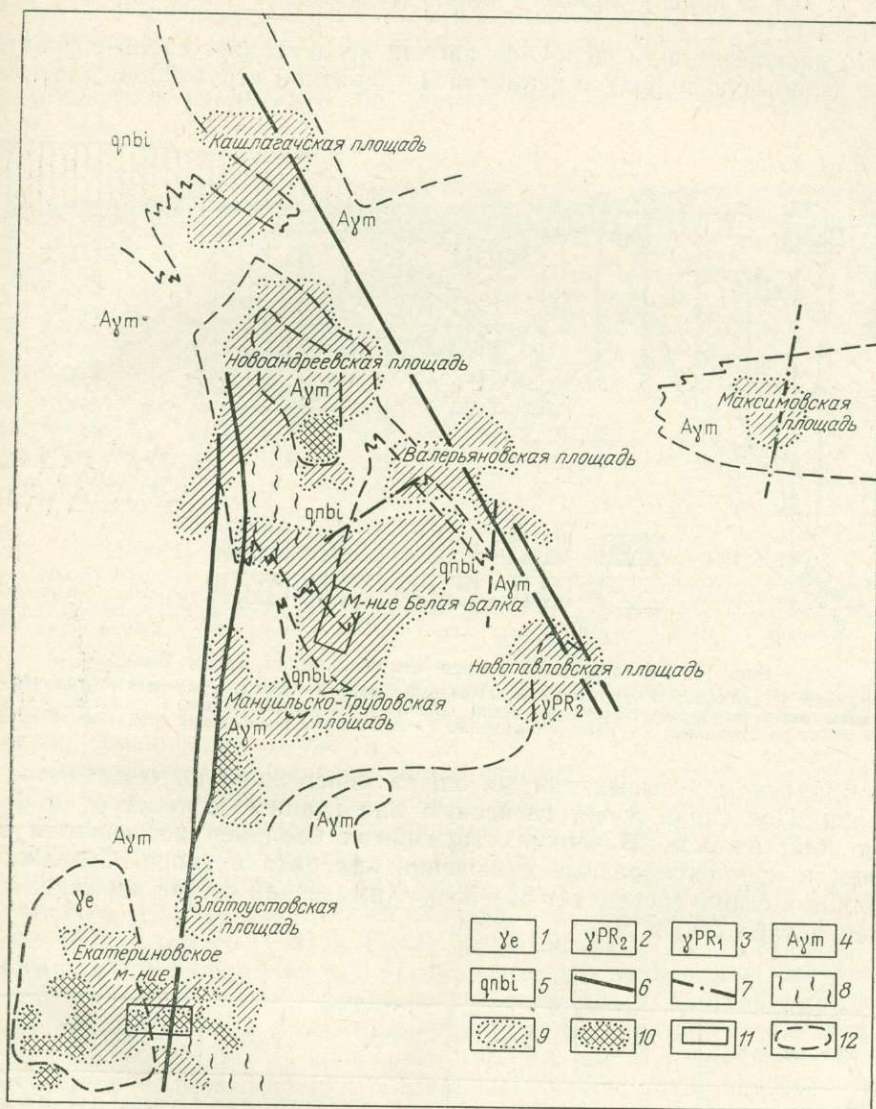


Рис. 16. План Волновихской площади развития элювиальных каолинов

1 — граниты розовые, крупнозернистые (екатериновские); 2 — субщелочные граниты, граносениты; 3 — граниты розово-серые, среднезернистые; 4 — мигматиты; 5 — гнейсы биотитовые и амфиболо-биотитовые; 6 — разрывные нарушения, выявленные по комплексу геологических, геоморфологических и геофизических данных; 7 — разрывные нарушения, выявленные по геофизическим данным; 8 — зона милонитизации и расланцевания; 9 — контур развития элювиальных каолинов; 10 — наиболее перспективные участки развития элювиальных каолинов; 11 — месторождения элювиальных каолинов Белая Балка и Екатериновское; 12 — геологические контуры

Кора выветривания представлена в нижней части дресвой мощностью 1,2—6,85 м (средняя 3,3 м) и гидрослюдистыми каолинами незначительной мощности, в верхней — щелочными и собственно каолинами. Мощность щелочных каолинов до 25 м (средняя 2,9 м). Во

многих местах они отсутствуют, в центральной части имеют среднюю мощность 6—8 м. Собственно каолины распространены значительно шире, мощность их до 47 м (средняя 19 м). Переходы между двумя типами каолинов резкие.

Отметки кровли каолинов изменяются от 120 м в северной части залежи до 152 м в южной. Мощность перекрывающих пород колеблется от 0,5 м вблизи тальвега балки до 20 м на водоразделе (средняя 6,7 м).

По внешнему виду щелочной каолин представляет собой серовато-белую глинистую породу с реликтовой гранитной структурой, плотную,

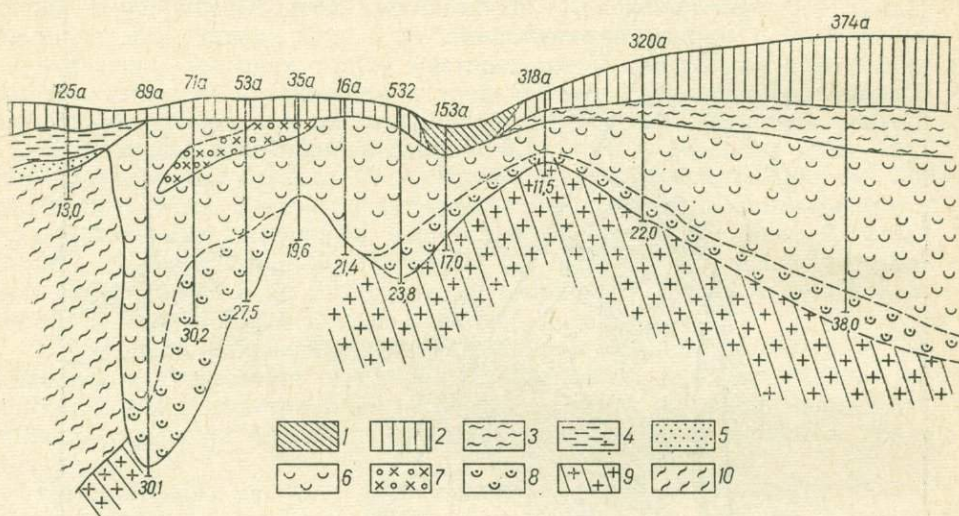


Рис. 17. Геологический разрез месторождения Белая Балка

1 — аллювий и делювий; 2 — суглинки и почвенный слой; 3 — глины красновато-бурые (N_2-Q); 4 — глины зеленовато-серые (N_{2sm}); 5 — пески (N_{2sm}). Кора выветривания: 6 — каолин; 7 — кварцевые жилы разрушенные; 8 — каолин щелочной; 9 — мигматиты днепровских гранитов; 10 — гнейсы

рассыпчатую при высыхании, на ощупь менее жирную, чем собственно каолин. Последний имеет гнейсовую или гранитную текстуру и большую пластичность. В верхних горизонтах каолинов встречаются стяжения и порошкообразные включения кальцита и гипса. Содержание каолина в сырце составляет 52—55%. Химический состав каолинов приведен в табл 20 (в %).

Таблица 20

Вид сырья	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	П.п.п.
Сырце	52,7—71,4	19,9—32,6	0,24—1,28	0,2—1,10	0,03—1,53	6,0—11,0
Обогащенный каолин	46,9—47,1	35,3—39,8	0,33—3,14	0,1—1,68	0,9—3,2	13,3—13,6

Белизна каолинов от 60 до 98%. Для тонкой керамики 35,5% запасов являются некондиционными (по содержанию TiO_2 и Fe_2O_3), остальные отвечают преимущественно I и II сортам (33%). Каолины высшего и I сортов для бумажной промышленности составляют 69,0% запасов.

Месторождение Белая Балка не эксплуатируется, однако на его базе может работать обогатительный комбинат производительностью

400 тыс. т каолина в год, так как утвержденные ГКЗ в 1955 г. валовые запасы составляют 30,9 млн. т.

Екатериновское месторождение находится у восточной окраины с. Екатериновка Володарского района Донецкой области, в 6—7 км от ст. Зачатьевка (рис. 18). Оно приурочено к правому склону балки, вдающейся справа в р. Кальчик. Абсолютные отметки склона балки 130—150 м, водораздела 200—210 м. Это месторождение, как и Белая Балка, расположено в пределах одной полосы тектонических нарушений.

Каолиновая кора выветривания развита на площади более 10 км² на щелочных гранитах и биотитовых гнейсах. Мощность ее от 1,2 до

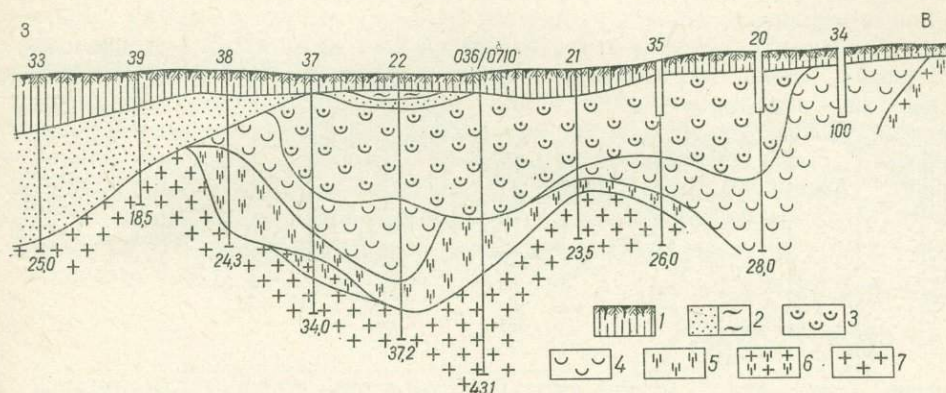


Рис. 18. Геологический разрез Екатериновского месторождения

1 — почвенный слой и суглинки; 2 — серовато-зеленые пески среднего сармата и песчано-глинистые отложения полтавской свиты. Кора выветривания: 3 — зона щелочных каолинов; 4 — зона каолинов, содержащих реликтовую слюду; 5 — зона дресвы; 6 — дезинтегрированные малоизмененные граниты; 7 — исходные розовые и серые порфиroidные биотитовые граниты

25,4 м. В разрезе различают каолин щелочной полевошпатовый или гидрослюдистый и дресву, песчаная часть которой может использоваться как полевошпатовое сырье.

Выделяются три перспективных участка: Восточный, Центральный и Песчаный. Протяженность первого около 2 км; мощность каолинов 4,5—25,4 м при мощности вскрыши 1,5—9,7 м. Средняя мощность каолинов Центрального участка 12,03 м, Песчаного 15,5 м.

Каолин-сырец состоит из кварца (39,2%), микроклина (38,8%), каолинита (22%). Химический состав его следующий (в %): SiO₂ 67,6—76,0; Al₂O₃ 15,4—21,5; Fe₂O₃ 0,39—1,9; K₂O 1,47—8,3; п.п.п. 2,6—7,5. Содержание фракции <0,07 мм, в которой преобладают каолинит и микроклин, 18,6—66,7%, фракции >1,3 мм 13—24%. Лабораторными, полупромышленными и промышленными испытаниями установлена возможность получения из щелочного каолина-сырца высококачественных изоляторов мелких и средних габаритов. Запасы каолинов Екатериновского месторождения, подсчитанные по категории С₂, приведены в табл. 21 (в тыс. т).

Таблица 21

Участок	Щелочные полевошпатовые каолины	Гидрослюдистые каолины	Дресва	Итого
Восточный . . .	2396	576	467	3439
Песчаный . . .	1120	254	124	1498
Всего	3516	830	591	4937

Екатериновское месторождение не эксплуатируется, оно изучается как база каолин-полевошпатового сырья для Славянского арматурно-изоляторного завода.

По данным предварительной разведки, проведенной в 1969 г., на месторождении выделены две разновидности щелочных каолинов: по гранитам и пегматитам. Химический состав преобладающего на месторождении гранитного каолина следующий (в %): SiO_2 75,72; Al_2O_3 14,2; TiO_2 0,1; Fe_2O_3 0,23; CaO 0,47; MgO 0,44; Na_2O 0,50; K_2O 5,47; п.п.п. 3,06. В каолине по пегматитам содержание щелочей 7,8—7,9%. Предварительная разведка проведена на незначительной площади

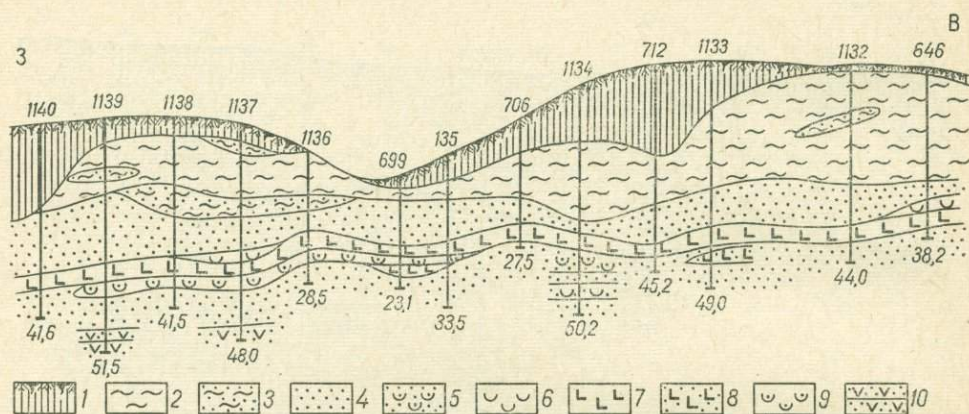


Рис. 19. Геологический разрез Положского месторождения

1 — почвенный слой и суглинки бурые; 2 — глины зеленовато-серые; 3 — пески кварцевые, серые, разнозернистые; 4 — пески кварцевые, светло-серые, тонкозернистые; 5 — пески кварцевые, каолин-содержащие, светло-серые, мелко- и тонкозернистые; 6 — каолин белый, жирный; 7 — глины огнеупорные от светло-серых до темно-серых; 8 — глины серые, пластичные; 9 — каолин белый, жирный, с гнездами и прослоями разнозернистого песка; 10 — переослаивание песков и песчаников.

(9,4 га); подсчитаны запасы в 2,7 млн. т, при средней мощности каолина 12,0 м и объемном весе 2,2.

На соседнем Мануйловском месторождении в 18 скважинах из 33 щелочных каолинов не встречено. Петрографический состав материнских пород здесь представлен в основном мигматитами.

В Приазовской субпровинции находится ряд крупных месторождений переотложенных каолинов, иногда залегающих совместно с огнеупорными глинами. Положское и Владимировское месторождения разрабатываются.

Положское месторождение переотложенных каолинов и огнеупорных глин расположено у южной окраины г. Пологи (рис. 19). Оно протягивается полосой в 30 км при ширине 5 км по обоим берегам р. Конки от ст. Конские Раздоры на западе до Ново-Карловки на востоке и состоит из 10 участков, три из которых находятся на правом склоне р. Конки, семь — на левом. В геологическом отношении месторождение представляет собой единую пластовую залежь осадочных каолинов и огнеупорных глин, приуроченных к полтавской свите неогена. Долиной р. Конки залежь разделена на две части, которые расчленены балками на отдельные участки. Характерной особенностью залежи является непостоянная мощность и изменчивая запесоченность, вследствие чего наблюдаются переходы от каолинистых песков до каолинов и огнеупорных глин. Устанавливается определенная закономерность: на участках, удаленных от кристаллического массива, в составе залежи преобладают огнеупорные глины. При небольшом удалении преобладают каолины. Глины от каолинов отличаются более высокой степенью дисперсности каолинистых частиц (в каолине преобладают частицы менее

5 мк, в глинах менее 2 мк), пониженным содержанием кварцевых зерен, большей пластичностью и способностью спекаться при высоких температурах.

М. Ф. Викулова, А. А. Борисова (1967) и М. Г. Бергер (1969) указывают на возможность образования части каолинита за счет диагенеза и выветривания полевошпатсодержащих песков полтавской серии. Мощность вторичных каолинов Положского месторождения изменяется от 0 до 20 м, глин от 0 до 16 м. Средняя мощность полезной толщи редко превышает 5—8 м. Залежь слабо наклонена на северо-запад. Каолины выклиниваются на правом берегу в пределах I и частично III участков. Мощность огнеупорных глин резко уменьшается на левобережных участках, где преобладают каолины. Обычно огнеупорные глины залегают под каолинами или в средней части разреза. Полезная толща подстилается и перекрывается песками полтавской свиты. Мощность покрывающих полтавских песков 1—28 м. Общая мощность вскрышных пород в северной части месторождения 60 м и более, в контурах детальной разведки не более 30—35 м. На левобережных участках вскрыша имеет меньшее значение, но каолин более песчаный.

В табл. 22 приведен химический состав каолинов и огнеупорных глин I и III разрабатываемых участков (в пересчете на прокаленное вещество, в %).

Таблица 22

Вид сырья	$Al_2O_3 + TiO_2$	Fe_2O_3	CaO
Каолин	39,1—45,1	1,0—1,5	0,4—0,9
Огнеупорная глина	26,0—42,3	1,0—1,5	0,42—0,65

Каолины и глины являются в основном сырьем для огнеупорной промышленности. Огнеупорность глин 1670—1715°С, каолинов 1710—1730°С. Частиц >5 мк в каолинах от 40,8 до 74,8%, в огнеупорных глинах от 43,6 до 80,8%. На других участках качество каолинов хуже в связи с их запесоченностью ($Al_2O_3 + TiO_2$ до 31%). Содержание TiO_2 в пробах каолинов 0,48—1,3%; Fe_2O_3 в отдельных пробах 2—3%.

Лабораторными, полупромышленными и промышленными испытаниями доказана возможность использования положских каолинов для производства облицовочных плиток и сантехфаянса с глухой белой глазурью вместо дорогостоящих обогащенных каолинов. Высшие сорта положских каолинов, по данным Днепропетровского металлургического института, пригодны для производства силумина.

Запасы каолинов утверждены ГКЗ на 1/1 1971 г.; они составляют по категориям А+В+С₁ 17,7 млн. т и по категории С₂ 11,8 млн. т. В 1970 г. на руднике добыто 360 тыс. т каолинов. Основными потребителями являются в основном огнеупорные, а также керамико-изоляционные заводы Украины и керамические заводы Юга СССР.

Владимировское месторождение переотложенных каолинов расположено в 8 км к северо-западу от ст. Велико-Анадоль и в 0,5 км к северу от ст. Владимировка Волынского района Донецкой области. Оно занимает водораздел между балками Кашлагач и Икрыная, притоками р. Мокрые Ялы.

Под Владимировским месторождением в настоящее время понижаются участки III и IV, детально разведанные в 1952—1955 гг. Площадь их около 5,5 км². Участки I и II частично отработаны, частично сняты с баланса запасов из-за их незначительности (менее 150 тыс. т).

Переотложенный каолин месторождения слагает пласт мощностью от 0,2 до 15,5 м (средняя 5,5 м). Он является единым в западной части залежи и расслоенным на 4—5 прослоев в восточной. С запада на восток увеличивается песчанность и ухудшается качество каолинов. Пласт приурочен к пескам полтавской серии, подстилающим и покрывающим полезную толщу. Глубина залегания вторичного каолина колеблется от 2,5 до 35,2 м (средняя 16,9 м). В составе вскрышных пород развиты пески и песчаники полтавской серии, песчано-глинистые отложения сармата и четвертичные суглинки. Каолины обводнены. Основным водоносным горизонтом являются подкаолиновые пески. Подземные воды обладают напором 5,7 м. Ожидаемый приток в траншею длиной 1000 м 400 м³/час. Выделено три сорта каолинов, закономерности распределения которых не установлены. Химический состав сырья следующий (в %): SiO₂ 56—68; Al₂O₃+TiO₂ 19—40 (средний 38); Fe₂O₃ 0,43—1,15 (средний 1,0); CaO 0,01—0,52 (средний 0,29); MgO 0,07—0,28 (средний 0,12); Na₂O+K₂O 0,01—0,47 (средний 0,20); SO₃ 0,04—0,28 (средний 0,12); п.п.п. 9—13.

Каолины содержат в среднем 54% частиц <10 мк, из них 33% частиц <2 мк. Огнеупорность каолинов изменяется от 1630 до 1750°С, в основном 1730—1750°С.

Запасы, утвержденные ГКЗ, составляют на 1/1 1971 г. по категориям А+В+С₁ 30,9 млн. т, по категории С₂ 57,3 млн. т.

Разрабатывается месторождение Владимировским рудоуправлением УССР. Добыча составляет 800 тыс. т в год с перспективой увеличения до 1,2 млн. т в год. Потребителями являются огнеупорные заводы Украины. В небольшом количестве вторичные каолины потребляются Миропольской бумажной фабрикой и Олевским фарфоровым заводом.

Затишанское (Бахаровское) месторождение переотложенных каолинов и огнеупорных глин расположено в Волновахском районе Донецкой области в 9 км к северо-западу от ст. Хлебодаровки и в 8 км к северо-востоку от ст. Зачатьевки. Оно занимает склоны р. Мал. Ялы.

Месторождение представлено тремя линзами каолина (2,5—4 м) и огнеупорных глин (7,9 м при колебаниях 1,1—29,5 м), которые переслаиваются кварцевыми каолинистыми песками. Мощность всей толщи переслаивания 60 м. От каолинов лежащие ниже глины отделяются песками. Возраст всей серии неогеновый (полтавская свита). Выделено две литологические разновидности каолинов: преобладающая белая и светло-серая. Средняя мощность покрывающих пород 29,5 м, в их составе имеются суглинки, красновато-бурые глины, каолинистые пески и линзы кварцитов. В породах вскрыши установлено до шести водоносных горизонтов, но притоки подземных вод невелики.

Химический состав каолинов и огнеупорных глин (на прокаленное вещество) приведен в табл. 23 (в %).

Таблица 23

Вид сырья	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	П.п.п.
Каолины переотложенные	48,8—65,4	22,0—33,9	1,2—2,7	0,24—1,76	9,0 - 13,1
Глины огнеупорные	42,2—72,4	18,0—48,3	0,34—14,3	Не опр.	—

Огнеупорность каолинов 1710—1770°С, глин 1670—1750°С, в основном 1700°С.

Запасы каолина на 1/1 1971 г. составили по категориям А+В+С₁ 18,2 млн. т, по категории С₂ 5,4 млн. т.

Запасы ГКЗ не утверждались, месторождение не разрабатывается. В дальнейшем необходимо выделить минеральные типы и технологические сорта каолинов и глин и попытаться их оконтурить.

Закарпатский каолиноносный район

По условиям образования, морфологии каолиновых залежей и качеству каолинов Закарпатский каолиноносный район резко отличается от Украинской каолиноносной провинции.

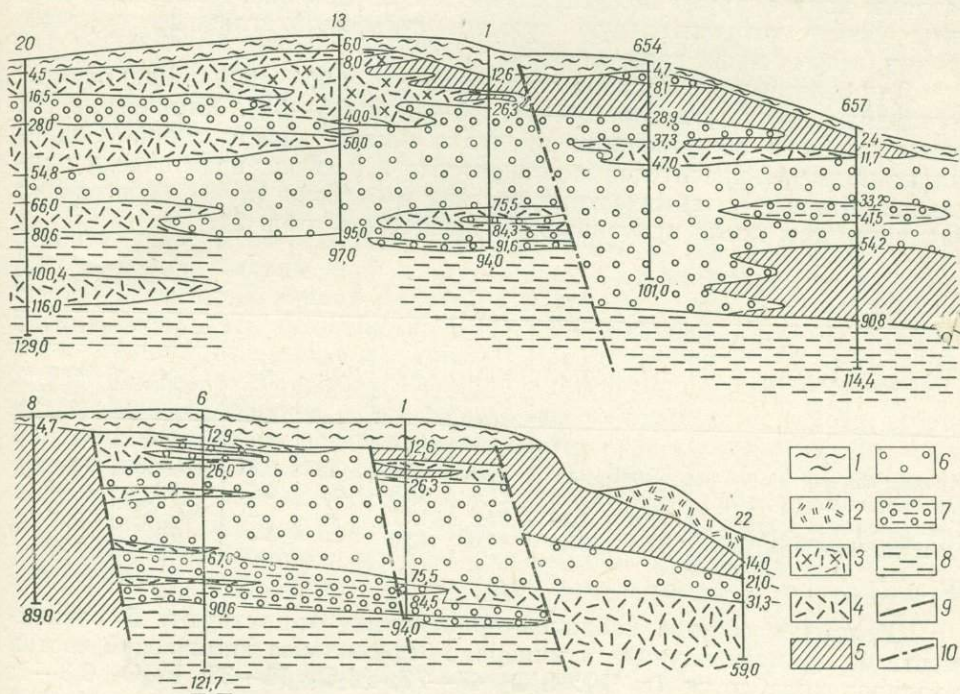


Рис. 20. Геологический разрез Береговского месторождения

1 — делювиальные суглинки и глины с обломками липаритовых туфов; 2 — отвалы; 3 — кремне-липаритовый туф; 4 — липаритовый туф каолинизированный с примесью алуниита; 5 — липаритовый туф, содержащий более 20% алуниита; 6 — каолин; 7 — галлуазитовая глинистая порода; 8 — аргиллит; тектонические нарушения; 9 — дорудные; 10 — пострудные

Каолины образовались здесь в процессе гидротермально-метасоматического замещения неогеновых (сарматских) липаритовых туфов. Наблюдаются переходы от малоизмененных туфов до силицитов, почти нацело сложенных кремнеземом, алунитовых пород, каолинов. Каолины неоднородны по минеральному составу, наряду с каолинитом присутствуют галлуазит, алуниит, иногда мусковит.

В районе развито шесть месторождений и проявлений. Наиболее крупным и изученным является Береговское (Дерекосег), расположенное на склоне Береговского холмогорья в 5 км к востоку от г. Берегово (рис. 20). Месторождение известно с 1795 г., эксплуатировалось штольнями до 1946 г. На нем имеется законсервированный карьер глубиной 40 м и длиной 200 м, в котором хорошо видны все переходы от материнских пород (туфов) до каолина и каолин-алунитовых пород.

Толща этих пород с каолинитом образует линзообразную залежь размером 600×200 м с падением на юго-восток под углом 5—20°. Мощность залежи от 5 до 89,3 м (средняя 42 м). Внутри ее повсеместно встречаются глыбы неполностью каолинизированных туфов и каолинов со значительной примесью алуниита или туфа. Нижняя часть залежи

в ряде скважин представлена галлуазитовыми глинами. В кровле залежи находятся местами алунизированные или силифицированные (окремнелые) туфы (от 2—3 до 40—60 м), прикрытые маломощным (0,5—5 м) делювием. Вся эта толща подстилается аргиллитами и туфами нижнего сармата. Площадь залежи не превышает 25—30 га. Образование ее связано с серией дорудных разломов северо-западного простирания поздненеогенового времени, по которым она подвергалась переработке растворами типа сольфатар с образованием широкого поля алунитов, переходящих местами в каолины. Последующие более мелкие разломы контролируют полиметаллическое оруденение. Каолины и алунисты имеют незначительную примесь сульфидов, главным образом свинца, цинка, меди, реже серебра.

Для береговского каолина остатки на ситах 900, 4900 и 1000 отв/см² составляют соответственно 3,4—41, 0,5—12 и 0,5—5%. Химические составы сырья и обогащенного продукта близки между собой. Содержание примесей-красителей в концентрате и в сырье практически одинаково. Данные по химическому составу и белизне (в %) береговских каолинов до и после отмучивания приведены в табл. 24.

Таблица 24

Анализируемый материал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	Белизна	
							сухого	обоженного
Каолин-сырец	66,0	0,09	24,8	0,13	0,5	0,31	80—95	94—99
Обогащенный продукт	63,1	0,18	24,8	0,15	0,8	0,43	80	95
Галлуазитовая порода	47,8	1,36	34,2	1,41	—	—	80—85	80
Обогащенный продукт	47,4	1,18	35,0	1,20	—	—	76	75

Щелочи в составе каолинов практически отсутствуют. В зависимости от примеси алунита и минералов кремнезема химический состав каолинов колеблется (в %): SiO₂ 47—77; Al₂O₃ 15—38; Fe₂O₃ 0,3—1; TiO₂ 0,2—0,5; SO₃ 0,1—15 и более. С SO₃ увеличивается содержание K₂O. Полезная толща отличается от всех известных каолинов Украины очень низким содержанием TiO₂ и умеренным Fe₂O₃. Пробы с высоким качеством каолинов сосредоточены главным образом в центральной части линзы, где мощность каолинов наибольшая. В глинистой части каолин представлен в основном диккитом, в меньшей мере каолинитом, галлуазитом (2%) и гётитом (до 0,1%). Песчаная часть каолина состоит из тонкодисперсного туфового материала (кварц, полевые шпаты, вулканическое стекло) с примесью в тяжелой фракции циркона, анатаза, барита, лейкоксена, реже турмалина, рутила, граната, в легкой — карбонатов и алунита. В нижней части залежи галлуазитовые глины образуют пропластки и крупные линзы мощностью до 10—25 м. В них содержится 10—15% песков. Огнеупорность береговского каолина 1650—1730°С, спекание при 1400—1600°С.

После трехчасового мокрого или пятичасового сухого помола каолин без обогащения пригоден для изготовления керамики.

Технологическими испытаниями доказана возможность получения на базе молотого береговского каолина и галлуазитовой глины высококачественного фарфора. В производство фарфора могут быть вовлечены также каолинит-алунитовые туфы и низкосортные алунисты, запасы которых исчисляются сотнями миллионов тонн. Из алунита с каолином можно получать фарфор без примеси полевошпатового сырья.

Галлуазитовая глина может использоваться в качестве заменителя глуховского каолина в производстве катализатора для синтетического

каучука. Утвержденные запасы по категориям А+В+С₁ составляют на 1/1 1971 г. 4354 тыс. т.

Экономические подсчеты показали, что освоение Береговского месторождения для нужд одной керамической промышленности западной части Украины нерентабельно.

Аналогичными Береговскому, но более мелкими являются Квасовское, Керекское и Сужиевское проявления первичных каолинов, разрабатывавшиеся до 1945 г. штольнями. Запасы первого не превышают 500 тыс. т, остальных не определены. Химические анализы показывают наличие в этих каолинах щелочей, главным образом К₂О в количестве до 4,5%. На открытом в 1966 г. проявлении Лопуш содержание щелочей в отдельных пробах достигает 7—8%, минералогически они связаны с мусковитоподобной тонкодисперсной слюдой. Огнеупорность этой разновидности щелочных каолинов 1510°, при 1250° происходит спекание. Все отмеченные выше месторождения и проявления приурочены к Береговскому холмогорью и генетически связаны с гидротермально-измененными сарматскими липаритовыми туфами.

Среди каолиновых залежей Закарпатья обособленно располагается Дубриничское месторождение, находящееся в 32 км к северу от Ужгорода вблизи одноименной ж.-д. станции. Залесь приурочена к периферии каолинизированной пластовой интрузии микрогранитов, раньше эксплуатировалась штольнями. Высококачественные каолины слагают в ней маломощные прослои и линзы. Сырец содержит до 13—16% Al₂O₃ и 2% Fe₂O₃, грубодисперсный, малопластичный, щелочной. Несмотря на высокое содержание окиси железа, изготовленные на основе дубриничского каолина-сырца образцы электротехнического фарфора по всем показателям превышают технические требования. Запасы каолинов на данном месторождении составляют 1500 тыс. т.

В Закарпатском районе каолины изучены недостаточно. Район может быть перспективным для развития местной керамической и тонкокерамической промышленности, а также для выявления галлуазитовых глинистых пород.

Глуховский каолиноносный район

На севере Сумской области каолины относятся к типу переотложенных; необычайно тонкий гранулометрический состав их позволяет полагать, что материал переносился на значительное расстояние и, возможно, многократно переоткладывался и отмучивался. Каолины приурочены к терригенным песчаным осадкам полтавской свиты, которые являются каолинистыми и содержат зерна полевых шпатов. Не исключена возможность образования части каолинита за счет полевошпатового материала, содержащегося в песках (Бергер, 1969).

Наиболее значительным является Глуховское (Полошковское) месторождение переотложенных каолинов, находящееся у одноименного села, в 9 км к юго-западу от ст. Глухов (рис. 21). Наиболее качественные белые разности глуховского каолина долгое время поставлялись на отечественные и зарубежные фарфоровые заводы для производства художественного фарфора, поэтому центральная часть залежи (Центральный участок) выработана. Разрабатываются Западный и Восточный участки; каолин их из-за ожелезненности не представляет интереса для фарфоровой промышленности, но является незаменимым для изготовления катализатора в производстве синтетического каучука.

Площадь месторождения в невыработанной части около 22 га, конфигурация в плане неправильная. Каолин залегает в виде маломощных линзообразных тел в песках на глубине от 7,7 до 25 м. Мощность линз от первых сантиметров до 0,86 м (средняя 0,4—0,5 м). Промышленная мощность принята 0,25 м. Форма залежи пластообразная.

В кровле, реже в подошве каолинов, почти повсеместно прослеживается плотный прослой темно-бурого цвета, так называемый «копыт», которым полезная толща изолируется от покрывающих ярко-красных и подстилающих более светлых (желтых) песков. Различаются три разновидности каолина: белый (выработанный), желтый («гулый») и мраморный, в котором на белом фоне наблюдаются прожилки и пятна желтого цвета, иногда выполненные песком и содержащие железистые бобовины. Ожелезнение носит явно эпигенетический характер. Количество Fe_2O_3 в каолине изменяется от 1,1 до 6%. Железистые включения значительных размеров удаляются из глин ручной сортировкой. В кондиционных каолинах допустимо содержание Fe_2O_3 до 4,5%. Запасоченность неравномерная, от 2—3% в плотных разновидностях до 20—30% в песчаных. Допустимое содержание песка в каолинах для производства

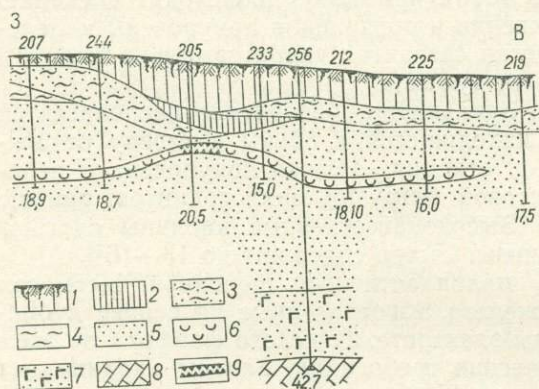


Рис. 21. Геологический разрез Полошковского месторождения каолинов

1 — почвенный слой и суглинок желтовато-бурый; 2 — суглинок темно-бурый; 3 — песок глинистый; 4 — глина плотная, бурая; 5 — песок пестрый, мелкозернистый (N_1P_1); 6 — каолин; 7 — песок зеленовато-серый (P_2h); 8 — мел (K_2); 9 — выработанное пространство

катализатора синтетического каучука принимается 15%. Глинистая фракция содержит 70—94% частиц < 2 мк, что резко отличает глуховский каолин от других более грубодисперсных каолинов. Под электронным микроскопом в нем не наблюдается обычных для каолина псевдогексагональных кристаллов, зато большим распространением пользуются удлинённые кристаллы галлуазита и их агрегаты. По данным Ю. А. Русько (1964), глуховский каолин содержит примесь талька и хлорита (до 5%). Пластичность глуховского каолина очень высокая (40). Химический состав глуховского каолина следующий (на воздушно-сухое вещество, в %): SiO_2 44,5—56,7; TiO_2 0,25—2,10; Al_2O_3 23,3—38,2; Fe_2O_3 0,15—9,80; MgO 0,03—2,10; CaO 0,40—2,20; K_2O 0,03—0,60; п.п.п. 10,7—20,7; H_2O 3,90—8,73.

Глуховское месторождение разрабатывается; его производительность 6 тыс. т в год, перспективная мощность 10 тыс. т в год. Разработка производится шахтами, из которых проходятся рассечки длиной 50—60 м. Около 50% каолина остается при разработке в целиках, потери непосредственно при добыче составляют не более 5%. Поднятый из шахты и просушенный на воздухе каолин дробится вручную и просеивается на специальном сите для удаления железистых и песчаных включений, потери достигают 28%. Себестоимость добычи в 1970 г. составила 52 р., средняя отпускная цена 39 р. 70 к. Высокая себестоимость объясняется отсутствием механизации и малым масштабом добычи.

Запасы Глуховского месторождения на 1/1 1971 г. приведены в табл. 25 (в тыс. т).

В 14—17 км к северо-западу от месторождения выявлены две небольшие залежи переотложенных каолинов, расположенные в 7,5—15 км от ж.-д. ст. Терещинская. По качеству кондиционные каолины обеих залежей аналогичны глуховскому.

Участок	В	С ₁	Забалансовые	Примечание
Западный	11	31	19	Числятся на балансе
Восточный	—	150	—	Не числятся на балансе

К югу от Глуховского района вблизи г. Путивля и с. Стецковки (Хотеньский район) встречены маломощные линзы переотложенных каолинов; они запесочены и грубодисперсны и не образуют резкого контакта с вмещающими песками. Технологические испытания показали непригодность этих каолинов для производства катализатора. В ряде случаев они постепенно переходят в каолинистые пески, за счет переработки которых, вероятно, образовались каолины типа глуховских.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каолины Украины являются основной сырьевой базой огнеупорной промышленности СССР, а также промышленности по производству обогащенного каолина для всех отраслей народного хозяйства. Ведущая роль этого региона в добыче каолина сохранится и на ближайшие десятилетия.

К оценке перспектив Украинской каолиноносной провинции следует подходить, исходя из общих геологических предпосылок. В настоящее время нет полных данных о мощности и площади развития каолиновой коры выветривания и продуктов ее переотложения по всему региону.

Коры выветривания в пределах Украинского кристаллического массива развиты на площади около 120 тыс. км². Однако те из них, которые сформированы на породах основного состава, не могут рассматриваться в качестве перспективных в отношении промышленной каолиноносности. Кроме того, значительная часть каолиноносной территории на Украине застроена, отведена под сельскохозяйственные и лесные угодья, что существенно сокращает перспективы наращивания промышленных запасов каолинового сырья. Учитывая все эти факторы, с известной долей осторожности можно принять площадь развития каолинов, представляющих промышленный интерес, равную 8% от общей площади распространения кор выветривания, т. е. 9,6 тыс. км². При среднеминимальной мощности первичных каолинов 10 м и объемном весе 2,0 запасы их составляют 19,5·10¹⁰ т, т. е. 195 млрд. т. Данные прогнозирования по отдельным районам подтверждают вероятность получения таких запасов. Так, по Волновахскому каолиноносному району в Приазовье на площади 98 км² получены прогнозные запасы 4,1 млрд. т при средней мощности каолинов 18 м. В Синельниковском районе на площади 130 км² прогнозные запасы определены в 26 млрд. т, в Просняновском районе на площади 700 км² 14 млрд. т. На площади остальных районов прогнозные запасы не определялись. Таким образом, на площади 2,1 тыс. км² запасы элювиальных каолинов определены прогнозной цифрой 44 млрд. т. Если общую площадь их распространения принять равной 9,6 тыс. км², то запасы должны пропорционально составить 197 млрд. т, что близко к приведенной выше цифре.

Щелочные элювиальные каолины составляют от 20 до 80% разреза отдельных месторождений и проявлений, общее число которых достигает 50. По-видимому, не будет большим преувеличением принять их прогнозные запасы, равными 10% от приведенных выше общих запасов первичных каолинов, т. е. 20 млрд. т. При среднем извлечении 150 кг/т сырья извлекаемые запасы микроклина в них равны 3 млрд. т.

Прогнозные запасы переотложенных каолинов в настоящее время оцениваются в 30 млрд. т, из них по Конско-Ялынской впадине не менее 20 млрд. т.

Таким образом, возможность выявления необходимых промышленности запасов каолинов в данном регионе не подлежит сомнению, однако для этого необходим комплекс трудоемких и всесторонних исследований, так как почти все имеющиеся здесь месторождения и проявления не имеют полной промышленной оценки. Приведем районы и месторождения, где с нашей точки зрения наиболее целесообразна постановка геологоразведочных работ для выявления высококачественных элювиальных и переотложенных каолинов: 1) Центральная субпровинция — в Кировоградской и на юге Днепропетровской областей, на гранитах кировоградского комплекса в Бобринецком, Никопольском, Ново-Украинском и соседних административных районах (Вертиева балка, Шевченковское, Ново-Егоровское месторождение и др.); 2) Приднепровская субпровинция — южная часть Синельниковского района (Новогупаловское, Владовское и другие месторождения), а также Просяновский район (Гавриловский, Москальцевский участки). Переотложенные каолины можно выявить в пределах Орехово-Павлоградской и Синельниковской депрессий; 3) Приазовье — на переотложенные каолины перспективна вся Конско-Ялынская впадина, особенно полоса, примыкающая к приподнятым блокам кристаллического массива. Элювиальные каолины (главным образом щелочные) возможны в пределах полосы шириной 15—20 км, проходящей через выявленные месторождения: Белая Балка, Андреевка, Мануиловка, Екатериновка; 4) Северо-Западная субпровинция — месторождения в Дубровско-Майдан-Вильском районе, а также месторождения Дермановское и Клессовское в Ровенской области.

Каолин с примесью галлуазита и галлуазитовые глинистые породы можно выявить в Закарпатье, а также к востоку от Глуховского каолиноносного района (на продолжении депрессии в кровле верхнего мела). Для выявления каолинов типа турбовских необходимо предварительное оконтуривание площади, занятой корой выветривания кордиеритсодержащих гранитов и гнейсов.

Особенно необходимо выявлять месторождения переотложенных щелочных каолинов, которые могут явиться новым видом минерального сырья в этой провинции. Можно допустить возможность переотложения элювиальных щелочных каолинов с одновременной естественной классификацией продуктов переотложения по крупности зерна и образованием залежей кварц-полевошпатовых песков. Перспективным в этом отношении следует считать район сочленения кристаллического массива с Конско-Ялынской впадиной.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КАОЛИНОНОСНОСТИ ДРУГИХ РАЙОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

В пределах Европейской части РСФСР и Белоруссии нет месторождений элювиальных каолинов, которые в настоящий момент представляли бы интерес для промышленного освоения. Каолиновые коры выветривания встречаются на описываемой территории во многих местах, но не могут рассматриваться как возможные объекты промышленного использования в связи с низкими качественными показателями или из-за незначительности запасов. В большинстве случаев оба указанных выше отрицательных фактора проявляются совместно.

Наиболее значительной с точки зрения масштабов каолинообразования является площадь Микашевичско-Житковичского выступа кристаллического фундамента в Белоруссии. Здесь выявлены и предвари-

тельно разведаны месторождения каолинов Ситница и Дедовка, а также оценены запасы каолинов месторождений Березина и Люденевичи.

В структурном отношении месторождения приурочены к наиболее приподнятым участкам Микашевичского и Житковичского горстов, являющихся соответственно западной и восточной частями Микашевичско-Житковичского выступа кристаллического фундамента. Кристаллические породы на площади выступа залегают на глубине от 7,3 до 150 м и более.

Микашевичский горст сложен толщей парагнейсов и породами осницкого интрузивного комплекса, представленными габбро, диоритами, гранодиоритами, гранитами, аплитами, пегматитами, плагиогранитами, керсантами и диоритовыми порфиритами.

Кристаллическое основание Житковичского горста сложено породами осницкого (граниты, диориты и диабазы) и коростенского (диабазы, плагиограниты, аплиты, метасоматически измененные лейкократовые граниты и жильные образования) интрузивных комплексов, а также овручской осадочно-эффузивной метаморфизованной серии (сланцы, слюдистые кварциты и эффузивы липарит-андезитового состава).

Кристаллические породы фундамента почти повсеместно на большую или меньшую глубину изменены выветриванием, продукты которого представлены полным профилем каолинового выветривания или только зоной дресвы. Глубина залегания кровли коры выветривания на Микашевичском горсте варьирует от 10,6 до 59,2 м, а мощность — от 0,2 до 20,8 м. На Житковичском горсте глубина залегания кровли коры выветривания изменяется от 16,6 до 66,7 м, а мощность — от 0,1 до 61,5 м.

В коре выветривания сверху вниз можно проследить переход от зоны каолинов к каолинизированной дресве, которая сменяется слабоизмененными породами.

На территории Микашевичско-Житковичского выступа кора выветривания большей частью не выходит за пределы площадей распространения перекрывающих ее палеогеновых осадков, участками она залегает под неогеновыми и антропогеновыми отложениями, занимая чаще всего понижения в рельефе кристаллического фундамента. Такое положение коры выветривания позволяет предполагать, что ее формирование происходило в допалеогеновое время.

Ниже приводится описание месторождений каолинов, разведанных на территории Микашевичского выступа кристаллического фундамента (рис. 22).

Месторождение элювиальных каолинов Ситница расположено в Луницеком районе Брестской области (БССР).

В геологическом строении месторождения принимают участие допалеозойские кристаллические породы фундамента, кора их выветривания и осадочные отложения палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем.

Каолины залегают в верхней части коры выветривания. Они представлены единой залежью. Форма залежи пластообразная, в плане изометричная, вытянутая с северо-запада на юго-восток. Длина ее 2,5 км, ширина меняется от 600 м в северо-западной части до 1 км в восточной. Каолины имеют светло-серый, реже белый цвет, иногда со слабым зеленоватым или желтоватым оттенком. Они жирные на ощупь, слюдистые, сохраняющие тонко- и мелкозернистую, реже среднезернистую, иногда гнейсовидную текстуру гранито-гнейсов и мигматизированных гнейсов нижнеархейского возраста (Микашевичский горст). Мощность каолиновой зоны профиля выветривания 1,9—9,1 м при мощности вскрыши 13—23 м.

Каолины состоят из кварца и каолинита с примесью слюдистых минералов. Средневзвешенный выход обогащенного каолина составляет от 21,2 до 53,9% (средний по месторождению 29,7%). Химический состав обогащенного каолина следующий (в %): SiO_2 47,7—53,42; Al_2O_3 28,35—34,22; TiO_2 0,19—1,4; Fe_2O_3 0,24—3,08; CaO 0,08—1,52; MgO 0,24—1,26; SO_3 до 0,74; Na_2O 0,12—0,53; K_2O 1,68—3,48.

Содержание белого цвета, по Оствальду, 36—63% (при 110°С) и 68—80% (при 1350°С). Огнеупорность обогащенных каолинов колеблется от 1680 до 1750°С.

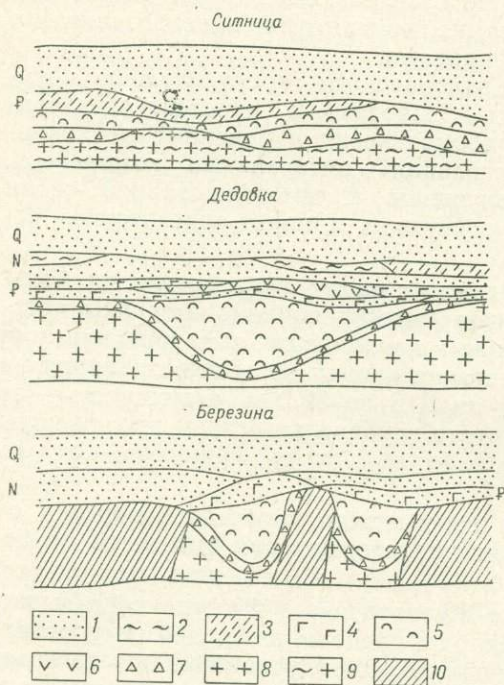


Рис. 22. Схематические геолого-литологические разрезы каолиновых месторождений Белоруссии

1 — пески; 2 — глины; 3 — алевриты; 4 — породы, содержащие глауконит; 5 — элювиальные каолины; 6 — переотложенные каолины; 7 — дресва; 8 — граниты; 9 — гнейсы; 10 — сланцы

Запасы месторождения по категории C_1 составляют 6488 тыс. т. В приконтурной полосе запасы подсчитаны по категории C_2 и составляют 2660 тыс. т.

Месторождение элювиальных и переотложенных каолинов Дедовка расположено в Житковичском районе Гомельской области (БССР).

В геологическом строении месторождения принимают участие допалеозойские кристаллические породы фундамента, кора выветривания, непосредственно перекрывающие ее переотложенные каолины и осадочные отложения палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем.

Элювиальные каолины залегают в верхней части профиля выветривания гранитов верхнепротерозойского возраста и слагают залежь неправильной формы с раздувами, вытянутую с юга на север. Длина залежи 820 м, ширина от 240 м в южной части месторождения до 490 м в северной.

Элювиальные каолины имеют светло-серый цвет, местами со слабым желтоватым оттенком, реже белый. Они сохраняют среднезернистую структуру материнских гранитов. Механические примеси в каолине представлены остроугольными зернами кварца, реже мелкочешуйчатым мусковитом и угловатыми зернами полевого шпата.

Кора выветривания в пределах Житковичского горста и на описываемом месторождении, благодаря интенсивной эрозионной деятельности, сохранилась в виде линейных фрагментов.

Каолины имеют преимущественно кварц-каолиновый состав и содержат в изменчивых количествах гидрослюда и минералы группы монтмориллонита — нонтронита.

Средневзвешенный выход обогащенного каолина 22,5—36,2%. Обогащенный каолин имеет следующий химический состав (в %): SiO_2 47,64—56,36; Al_2O_3 22,42—35,65; TiO_2 0,2—1,8; Fe_2O_3 0,41—3,0; CaO 0,03—2,55; MgO 0,06—0,34; SO_3 до 0,35; Na_2O 0,1—0,36; K_2O 0,1—5,06.

Содержание белого цвета, по Оствальду, 40—81% (при 110°С) и 39—92% (при 1350°С). Огнеупорность обогащенных каолинов укладывается в интервал 1730—1750°С.

Непосредственно выше гранитного элювия расположена залежь переотложенных каолинов, с которой начинается разрез отложений киевской свиты палеогена.

Переотложенные каолины по всем свойствам очень близки первичным, однако имеют более высокий выход фракции <0,056 мм и меньшее содержание окислов железа и титана.

Мощность вскрышных пород, залегающих над первичными каолинами, 29,7—37,4 м, мощность первичных каолинов от 2,9 до 53,9 м. Суммарные запасы месторождения, подсчитанные по категории C_1 , составляют 6303 тыс. т, по категории C_2 — 2192 тыс. т.

Месторождения Березина и Люденевичи находятся в Житковичском районе Гомельской области. Они по условиям образования каолинов, их качеству, мощности, глубине и условиям залегания, составу материнских пород в основном идентичны описанному выше месторождению Дедовка. Каждое из этих месторождений состоит из двух линз. Суммарные запасы обеих линз по категории C_2 составляют на месторождении Березина 7666 тыс. т, на месторождении Люденевичи 1503 тыс. т.

Таким образом, элювиальные и переотложенные каолины этих месторождений характеризуются выходом обогащенного продукта не ниже 20%, при содержании окиси железа не более 3%. Ввиду повышенного количества красящих окислов обогащенные каолины пригодны для изготовления бытовых и технических керамических изделий, не требующих высокой прочности и белизны, и огнеупоров общего назначения.

Суммарные запасы каолина-сырца по всем месторождениям составляют 26,8 млн. т, в том числе по категории C_1 12,8 млн. т и по категории C_2 14,0 млн. т.

Выходы древней, доледниковой, по А. В. Сидоренко (1958), коры выветривания встречаются в пределах Кольского п-ова на самых разнообразных по составу и возрасту породах. В зависимости от условий залегания выделены площадная, линейная и линейно-площадная коры выветривания. В большинстве случаев наблюдается неполный профиль выветривания, оканчивающийся дресвяно-глинистыми продуктами. Наиболее развитый профиль каолинового выветривания, по А. В. Сидоренко (1958) и А. П. Афанасьеву (1966), характерен для ряда участков центральной и юго-западной частей Кольского п-ова. Глинистая фракция верхней зоны коры выветривания кислых пород имеет преимущественно каолиновый состав с обычной, иногда значительной примесью галлуазита, гидрослюда, изредка монтмориллонита. Большинство выходов каолиновой коры выветривания, как отмечают А. Д. Арманд, Л. М. Граве и А. Л. Кудлаев (1969), приурочено к полям развития протерозойских пород серии имандра — варзуга. К югу от Хибин кора выветривания каолинового типа прослежена на площади 500 км², где при площадном залегании она достигает мощности 15 м, при линейном значительно больше. Эти авторы указывают, что на юго-западе Мурманской области каолиновая кора выветривания известна на архейских биотитовых гнейсах, на востоке — в районе Малых Кейв на сланцах и амфиболитах и в бассейне р. Стрельна на амфибол-биотитовых гнейсах

с пегматитовыми жилами. По-видимому, при более тщательном изучении число доказанных выходов каолиновой коры выветривания может быть увеличено. Почти все известные немногочисленные проявления хорошо развитой каолиновой коры выветривания связаны по наблюдениям указанных авторов с палеогеновой поверхностью выравнивания.

В работе А. П. Афанасьева (1966) приведено подробное описание каолиновых кор выветривания Кольского п-ова, из которого следует, что каолины, составляющие верхнюю зону профиля выветривания, не могут рассматриваться в качестве полезного ископаемого ввиду высокого содержания в них красящих окислов. Тем не менее при благоприятных геологических и геоморфологических условиях не исключена возможность сохранения реликтов верхней зоны каолинового профиля выветривания, представляющих промышленный интерес, например, в узких тектонических депрессиях под покровом молодых осадков. Кроме того, нижние горизонты профиля каолинового выветривания кислых полевошпатовых пород могут оказаться полезными в качестве источника полевошпатового высококалийного сырья.

В районе Кольского п-ова ряд предпосылок (длительность континентального перерыва, густая сеть трещин и зон дробления) благоприятствует формированию залежей каолинов, которые встречаются в виде реликтов в наиболее благоприятных для их сохранения местах. Неоднократное ледниковое выпахивание, видимо, уничтожило основную массу продуктов выветривания.

Следующим районом развития каолиновых кор выветривания является Тиманский кряж. Площадная кора выветривания здесь известна на двух стратиграфических уровнях. Первый определяется развитием выветривания на различных породах (сланцы, диабазы и др.) верхне-чибыусских слоев среднего девона (Калужный, 1960). Несмотря на относительно широкое распространение, эта кора выветривания не может рассматриваться как источник элювиального каолина из-за малой мощности (до 0,5 м) и сложных условий залегания каолиновых продуктов выветривания.

Второй уровень соответствует развитию площадного выветривания в ранневизейское время. Выветриванием были затронуты элювиально-делювиальные гидрослюдистые глины турнейско-ранневизейского (дотульского) возраста, представляющие собой нерастворимый остаток выщелачивания карбонатных отложений верхнего девона (Горбачев, Крылов, 1968). Кора выветривания гидрослюдистых глин значительно размыта, залегает на разных глубинах и не имеет промышленного значения. Переотложенные продукты выветривания в бассейне р. Вычегды на Южном Тимане прослежены полосой около 100 км при ширине 12—16 км. Переотложенные сиаллиты ассоциируют с аллитами и бокситами, образуя бокситоносный горизонт мощностью 3—5 м. Выше по разрезу расположена угленосная пачка, под воздействием которой бокситы, аллиты и сиаллиты обесцветились и приобрели светло-серый или почти белый цвет, реже желтый и розовый. Промышленная ценность сиаллитов и аллитов как огнеупорного сырья весьма вероятна, однако будет сказываться отрицательное влияние присутствующей в них тонкой вкрапленности пирита и сидерита.

В истоках р. Мезень обнаружено Средне-Тиманское месторождение остаточных каолинов. Оно приурочено к зоне тектонических нарушений северо-восточного простирания и крутого падения, секущих породы синийского возраста (серицитовые сланцы и кварцито-песчаники). Выделены две зоны каолинизации кварцево-серицитовых сланцев мощностью 1—5 м. Ориентировочные запасы 2—3 млн. т. Качество сырья невысокое, при обжиге образует светло-желтый, неспекшийся, недеформированный черепок. Некоторое время этот каолин применялся

вместо глуховецкого при изготовлении электроустановочного фарфора. Обеспечение быстрорастущих промышленных центров Коми АССР Ухты и Сыктывкара местными запасами огнеупорного и керамического сырья представляет насущную задачу. В настоящее время ввоз огнеупорной глины и каолина превышает 3 тыс. т, не считая большого количества готовых шамотных и керамических изделий. Видимо, работы по изысканию и промышленной оценке месторождений элювиальных и переотложенных каолинов должны быть на Тимане продолжены.

Переотложенные песчано-каолиновые продукты выветривания установлены в ряде пунктов Европейской части РСФСР (Воронежская антеклиза, Затиманский прогиб и др.). Наиболее крупные накопления песчано-каолинового материала установлены в Воронежской области по южной периферии Павловского кристаллического выступа Воронежской антеклизы. Здесь песчано-каолиновая толща (мамонские слои) повсеместно залегает на выветрелой поверхности фаменских красцветов и более древних горизонтов девона, переходя вверх по разрезу в глинисто-карбонатные слои нижнего карбона. А. А. Дубянский и Э. В. Косцова (1967) считают, что песчано-каолининовая толща представляет собой фацию озерско-хаванских и верейских отложений. Севернее линии г. Россошь — с. Старая Криуша песчано-каолиновая толща несогласно перекрыта образованиями верхнего мела. Мощность толщи в южном и восточном направлениях от Павловского выступа изменяется от 4 до 80—100 м. В ее составе уменьшается содержание прослоев грубосортированных песков, увеличивается количество и мощность глинистых прослоев.

Наиболее близко к поверхности продуктивная толща залегает в окрестности г. Калача. Здесь поисковые работы были проведены на двух участках; глубина залегания полезной толщи 13,3—25,4 м, вскрытая мощность изменяется от 26,3 до 66,2 м. В составе толщи принимают участие кварцевые пески, связанные постепенными переходами со светло-серыми алевролитистыми глинами. Во вскрыше располагаются четвертичные пески и суглинки. В табл. 26 показаны особенности состава толщи и выделенного из нее каолинового концентрата (в %).

Таблица 26

Участок	Выход каолина			Содержание во фракции <0,042				Содержание белого цвета
	от	до	средний	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO ₃	
Ширяево	2	86	34,7	0,9—5,95	0,5—1,25	0,2—0,61	0,03—0,45	67—92
Меловатка	8	97	53,2	0,45—11,63	0,28—1,74	0,2—2,28	сл. 1,16	28—91

подавляющее большинство проб по содержанию красящих окислов и белизне отнесено к некондиционным в отношении использования в керамической, бумажной и резинотехнической промышленности. Существенно улучшить качество каолинового концентрата можно, применяя новейшие методы физико-химической или химической обработки каолинового концентрата. В целом запасы низкокачественного каолинового сырья на территории Воронежской области весьма значительные и представляют в центральных районах РСФСР единственный потенциальный источник каолина.

На территории Воронежской антеклизы известно несколько проявлений песчано-каолиновых пород раннемелового возраста. Вышне-Ольшанское месторождение Орловской области расположено в 3 км

к северо-востоку от ж.-д. ст. Долгая. Пласт песчанистых переотложенных каолинов мощностью до 7 м расположен в нижней части залежи огнеупорной глины. Каолин Вышне-Ольшанского месторождения соответствует по возрасту каолиновым глинам Латненского месторождения, что позволяет предполагать сходство палеографических условий их формирования. При выветривании песчано-глинистых и мергелистых отложений верхнего девона были генерированы значительные массы каолинового материала, которые своим переотложением определили появление многочисленных месторождений каолиновых глин в угленосных отложениях нижнего визе Новгородской, Тульской, Калужской, Смоленской и других областей.

Заканчивая обзор каолиноносности Европейской части РСФСР и Белоруссии, можно сделать вывод, что перспективы выявления промышленных месторождений элювиальных каолинов на столь обширной территории невелики. Месторождения и проявления этого типа имеют небольшие запасы и низкое качество каолинов. Наиболее значительные прогнозные запасы переотложенного каолина характеризуют южную часть Воронежской антеклизы и Южный Тиман; каолиновые глины сконцентрированы в западном и юго-западном бортах Московской синеклизы.

Территория Закавказья прошла длительный и сложный путь развития. Геосинклинальные осадочные, вулканогенно-осадочные и эффузивные образования палеозойского и мезозойского возраста подверглись интенсивной складчатости. Складкообразование сопровождалось внедрением гранитоидных интрузий. На территории Закавказья возникли условия, благоприятствовавшие образованию кор выветривания (Дзоценидзе, 1963). Наибольшее значение для формирования залежей каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин имеет триасово-нижнеюрская кора выветривания, значительное развитие которой следует предположить на площади консолидированных массивов. Таким, например, является Дзирульский кристаллический массив, сложенный догерцинскими и герцинскими гранитоидами, кристаллическими сланцами, гнейсами и филлитами. На территории Дзирульского кристаллического массива разведано Джварисское месторождение элювиальных каолинов, расположенное в 9 км к северо-западу от ж.-д. ст. Орпири. Выход каолина составляет 20,4—41,1%. Запасы по категориям А+В+С₁ утверждались в количестве 1,7 млн. т. Низкое качество каолинов и малые запасы не позволяют считать это месторождение промышленным. Перспективы открытия более крупных каолиновых месторождений элювиального типа практически отсутствуют. На территории Дзирульского массива закономерно располагаются относительно маломощные континентальные отложения лейаса, представленные аркозовыми песками и галечниками, а также пластами огнеупорных глин (Шрошинское и ряд других менее изученных месторождений). Все эти месторождения имеют ограниченные запасы (менее 3 млн. т), но могут быть источником местного огнеупорного сырья.

Закавказье представляло собой в альпийский этап развития область интенсивной вулканической деятельности, благодаря которой формировались мощные толщи эффузивов; большое развитие получили породы кислого и среднего состава, а также вулканогенно-осадочные образования. Эта особенность Малого Кавказа, наряду с имевшей место интенсивной газо-гидротермальной поствулканической деятельностью, создало предпосылки для поисков в пределах Закавказья месторождений фарфорового камня.

Месторождения, формировавшиеся под воздействием паров и гидротерм, описывались ранее. Например, на Небодзирском месторождении (Грузия) вдоль тектонического нарушения в порфиритах произошло преобразование их; впоследствии была наложена экзогенная као-

линизация. Наиболее перспективным участком является зона контакта Цинской и Хевской интрузий с порфиритами. Подобный генезис приписывается Туманянскому месторождению (Армения), где продуктивный горизонт представлен гидротермально измененными и выветрелыми порфиритами и их туфами среднеэоценового возраста. Столь же сложное происхождение, видимо, имеет Чардахлинское месторождение в Азербайджане. Возможно, что именно ориентация поисковых работ на открытие крупных месторождений гидротермальных каолиновых пород является для Закавказья рациональной и приведет к полному обеспечению промышленности местным высококачественным огнеупорным и керамическим сырьем.

УРАЛО-МУГОДЖАРСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ

Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция является одной из крупнейших в СССР как по запасам сырья, так и по количеству разведанных и эксплуатируемых месторождений. Из 36 месторождений каолинов, учтенных Всесоюзным балансом запасов по состоянию на 1/1 1971 г., 9 расположено на Урале и в Мугоджарах с общими запасами по категориям А+В+С₁ 939 тыс. т, что составляет 9,1% от общесоюзных запасов. Из пяти комбинатов СССР, производящих отмученный каолин, два (Кыштымский и Еленинский) работают на сырье уральских месторождений. Общая добыча каолина-сырца по эксплуатируемым месторождениям Урала в 1970 г. составила 400 тыс. т (9,3% общесоюзной добычи). Более 80% этого количества пошло на обогащение, в результате чего получено 105 тыс. т обогащенного каолина, который нашел широкое применение в различных отраслях современного производства. Основным потребителем отмученного уральского каолина является химическая промышленность. В небольших количествах каолин используется в керамической, абразивной, парфюмерной и других отраслях промышленности.

Большая часть предприятий, потребляющих уральский каолин, располагается за пределами Урала, поэтому основная масса обогащенного каолина (на Еленинском месторождении 90%, на Кыштымском 68%) отправляется в Сибирь, Дальний Восток, Среднюю Азию, а также в Центральные и Западные районы страны. Потребности уральских предприятий в обогащенном каолине намного превышают производственные мощности соответствующих комбинатов и в дальнейшем, по данным Гипроиннметаллоруд, достигнут в 1975 г. 390 тыс. т, в 1980 г. 500 тыс. т. Особенно острый дефицит ощущается в высококачественных каолинах, удовлетворяющих требованиям тонкокерамического и бумажного производства, которые завозятся на Урал с Украины. На Урале не выявлено ни одного месторождения каолинов, приближающихся по своему качеству к украинским. Основным отрицательным показателем, снижающим качество уральских каолинов, является повышенное содержание красящих окислов ($Fe_2O_3 + TiO_2$), в сумме обычно превышающих 1%.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАОЛИНОВ

На Урале и в Мугоджарах зарегистрировано более 100 месторождений и проявлений каолинов, прослеживающихся вдоль восточного склона Урала и Мугоджар узкой полосой шириной 80—100 км и протяженностью свыше 1000 км.

В генетическом отношении все месторождения связаны с мезозойской корой выветривания палеозойских и допалеозойских кристаллических пород, сформировавшейся в условиях теплого и влажного климата на обширных пенеупленнизированных пространствах восточного склона Урала и Мугоджар.

Современное состояние изученности этих месторождений позволяет выделить два основных генетических типа каолинов: элювиальные (остаточные) и переотложенные (осадочные). Как правило, месторождения остаточных каолинов, связанных с площадной корой выветривания, представлены относительно выдержанными по мощности (20—40 м) залежами покровного типа с отчетливо выраженной зональностью профиля выветривания. Залежи промышленных каолинов обычно залегают среди общей пестроцветной массы некондиционных каолинов. Наглядным примером может служить Полетаевское месторождение в Челябинской области, где разведочными работами вскрыто 29 промышленных залежей на площади 20 км².

Месторождения элювиальных каолинов, приуроченные к линейной коре выветривания, имеют вид изолированных карманообразных залежей, ориентированных вдоль линейно вытянутых структурных зон. Глубина каолинизации изменяется от нескольких метров по краям залежи до 100—150 м в центральной части, иногда до 200—250 м.

На Урале и в Мугоджарах основным промышленным типом являются гранитные каолины, образовавшиеся в результате выветривания различных гранитов и гранито-гнейсов. Из девяти уральских месторождений остаточных каолинов, учтенных Всесоюзным балансом запасов на 1/1 1971 г., семь относятся к гранитному типу, суммарные запасы их по категориям А+В+С₁ составляют 86 709 тыс. т, т. е. 92,3% общеуральских запасов.

Сланцевые каолины, возникшие в результате выветривания кристаллических сланцев, широко представлены на территории Урала и Мугоджар; они уступают гранитным как по размерам, так и по качеству сырья. Для сланцевых каолинов, наряду с повышенным содержанием слюдястых минералов, характерно постоянное присутствие в глинистой фракции тонкодисперсного кварца, что в значительной мере осложняет процессы их обогащения. До 1970 г. на Урале эксплуатировалось одно месторождение этого типа — Невьянское с годовой добычей около 40 тыс. т.

Залежи каолинов, приуроченные к коре выветривания кислых жильных пород, в связи с их ограниченными размерами, как правило, не имеют самостоятельного промышленного значения, хотя в совокупности с гранитными могут представлять практический интерес. Подобные тела жильных каолинов отмечаются на многих месторождениях гранитных каолинов Урала и Мугоджар (Кыштымском, Полетаевском и др.).

Каолины, возникшие в результате каолинизации кислых эффузивов, габброидов и других пород, по своим размерам, качеству сырья и степени изученности не получили промышленного значения.

Среди переотложенных каолинов Урала и Мугоджар можно выделить две основные разновидности. 1. Каолины, расположенные непосредственно в пределах контура месторождений элювиальных каолинов и образованные за счет незначительного перемещения каолиновой массы в пониженные участки рельефа. Они отмечаются на многих месторождениях элювиальных каолинов Урала и Мугоджар (Чекмакульском, Теренсайском и др.) и обычно образуют небольшие по размерам залежи карманообразной формы. В общем балансе запасов отдельных месторождений подобные смещенные каолины имеют подчиненное значение. 2. Каолины, выполняющие древние эрозионно-структурные депрессии. Каолиновый материал транспортировался по древней гидрографической сети на значительные расстояния от источника сноса, что привело к дезинтеграции и дифференциации первичного продукта с одновременным увеличением дисперсности и пластичности глинистого материала. Особенно много залежей переотложенных каолинов такого типа обнаружено в Кочкарском районе Челябинской области. Мощ-

ности переотложенных каолинов, залегающих в депрессиях, достигают в отдельных скважинах 50—60 м. Специальные работы по исследованию переотложенных каолинов указанного типа и использованию не проводились. В настоящее время разведано одно месторождение этого типа — Астафьевское в Челябинской области.

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ПРЕДПОСЫЛКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Составной частью прогнозно-оценочных и поисковых работ на элювиальные и переотложенные каолины является выявление конкретных геологических критериев и предпосылок, определяющих основные закономерности формирования и условия локализации каолиновых месторождений. Для Урала такие геологические критерии были выделены Б. Ф. Горбачевым и Г. П. Васяновым (1970). Они кратко сформулированы ниже.

1. Весь Урало-Мугоджарский регион, с точки зрения палеоклиматического анализа, является перспективным в отношении каолиноносности. Формирование залежей элювиальных каолинов происходило в условиях равномерно влажного тропического и субтропического климата. Хотя вопрос о возрасте и этапах формирования каолиновых кор выветривания решается различными авторами неоднозначно (Петров, 1948, 1967; Сигов, 1957, 1963; Гуцаки, 1963; Н. И. Архангельский, 1963, 1968; Киселев, 1963 и др.), можно выделить одну эпоху промышленного каолинообразования, приуроченную в основном к верхнетриасово-юрскому этапу выветривания. Накопление промышленных залежей переотложенных каолинов, выполняющих участки древней мезо-кайнозойской гидрографической сети, происходило в три этапа — среднеюрский (лангурская свита), верхнемеловой (мысовская свита) и верхнеолигоценый (наурзумская свита).

2. В структурном отношении подавляющее большинство месторождений элювиальных и переотложенных каолинов приурочено к Восточно-Уральскому поднятию, в пределах которого сосредоточены крупнейшие гранитные массивы Урала и Мугоджар. С корой выветривания последних связаны основные промышленные месторождения элювиальных каолинов (Кыштымское, Журавлиный Лог, Еленинское, Чекмакульское и др.). Реже залежи элювиальных каолинов наблюдаются в зоне Восточно-Уральского прогиба, в пределах восточного приподнятого крыла Тагило-Магнитогорского прогиба, а также в зоне Зауральского поднятия. Отмечается приуроченность месторождений элювиальных каолинов к зонам глубинных разломов, разделяющих структуры первого и второго порядков, что особенно отчетливо видно на примере Среднего Урала (рис. 23).

В пределах Восточно-Уральского поднятия месторождения элювиальных каолинов, связанные с площадной корой выветривания, обычно располагаются в синклинальных участках антиклинариев или в зонах, переходных от синклиналей к антиклиналям. Центральные части крупных гранитных массивов, слагающих ядра брахиантиклинальных структур, являются практически бесперспективными в связи с отсутствием кор выветривания, которые сохраняются от размыва по периферии массивов (рис. 24).

3. В отношении каолиноносности перспективной следует считать область Уральского пенеплена и особенно его южную часть — зону Зауральского пенеплена, характеризующуюся почти сплошным развитием мезозойской коры выветривания. Горные области Западного склона Урала практически бесперспективны ввиду почти полного отсутствия кор выветривания. Ограниченными перспективами характеризуется зона остаточных гор осевой части Среднего Урала, где коры

выветривания имеют островное развитие. В пределах указанных геоморфологических зон наилучшая сохранность кор выветривания наблюдается вдоль бортов древних эрозионно-структурных депрессий, где их мощность достигает значительных размеров (рис. 25). Эрозионно-структурные депрессии представляют собой участки, перспективные на выявление залежей переработанных каолинов.

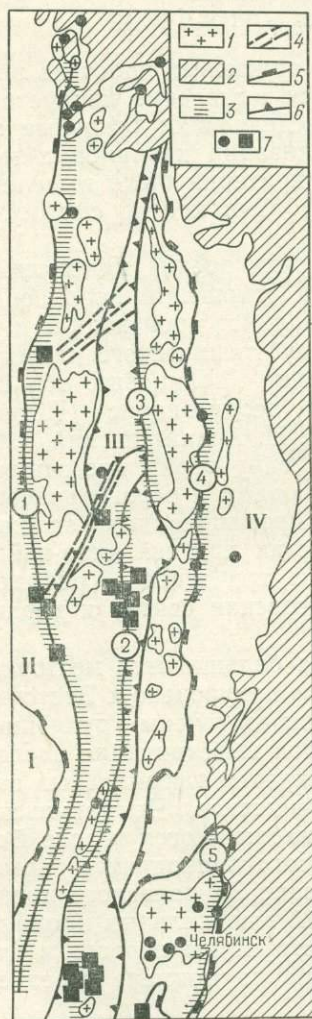


Рис. 23. Схема размещения месторождений элювиальных каолинов относительно главных структурных зон Урала

1 — интрузии гранитоидов; 2 — области развития покровных отложений мезо-кайнозой; 3 — глубинные разломы (1 — Серовско-Уфалейский; 2 — Сысертско-Чебаркульский; 3 — Мурзинский; 4 — Режевской; 5 — Буланаш-Брединский); 4 — глубинные перемычки и оперяющие структуры; 5 — границы структурных зон первого порядка (I — Центрально-Уральское поднятие; II — Тагило-Магнитогорский прогиб; III — Восточно-Уральское поднятие; IV — Восточно-Уральский прогиб); 6 — границы структур второго порядка; 7 — месторождения элювиальных каолинов (за счет выветривания гранитов, сланцев)

Характер новейших тектонических движений в значительной степени определяет сохранность профиля коры выветривания. В пределах локальных поднятий площадная кора выветривания почти полностью отсутствует, в локальных впадинах она относительно хорошо сохраняется под толщей покровных отложений.

4. Наиболее качественные залежи элювиальных каолинов генетически связаны с корами выветривания калиевых гранитов Восточно-Уральского поднятия. В отношении высококачественных каолинов, удовлетворяющих требованиям тонкокерамического и бумажного производства, следует считать перспективными участки выветривания лейкократовых разновидностей микроклиновых гранитов Восточно-Уральского поднятия. Подобного типа граниты в виде мелких тел отмечаются на некоторых гранитных массивах Урала и особенно Мугоджар.

Довольно высокое содержание калиевого полевого шпата в гранитах Восточно-Уральского поднятия (до 40%) можно рассматривать как благоприятную предпосылку для формирования залежей щелочных каолинов, являющихся очень ценным сырьем в керамическом производстве. Щелочные каолины установлены лишь на месторождениях Еленинском и Журавлиный Лог, но специальных работ по их оценке не проводилось. Принимая во внимание общегеологические предпосылки

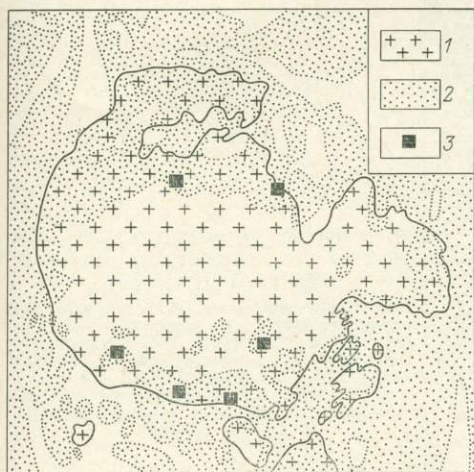


Рис. 24. Распространение кор выветривания в пределах Джабык-Карагайского гранитного массива

1 — граниты; 2 — площади, занятые корой выветривания; 3 — месторождения элювиальных каолинов

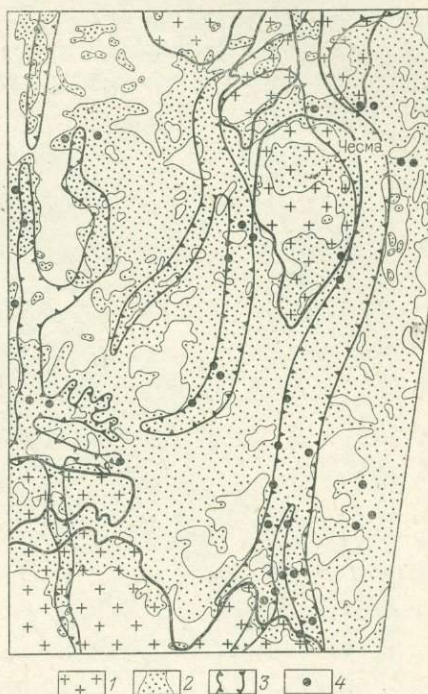


Рис. 25. Схема распространения кор выветривания в Чесменском районе Челябинской области (по материалам А. Г. Баранникова)

1 — интрузии гранитоидов; 2 — площади развития кор выветривания; 3 — эрозивно-структурные депрессии; 4 — скважины, в которых мощность коры выветривания превышает 25 м

и относительно одностороннюю изученность известных месторождений остаточных каолинов Урала и Мугоджар, на некоторых из них можно установить залежи щелочных каолинов. Необходимо также учитывать перспективы для выявления новых месторождений щелочных каолинов.

РАИОНИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАВНЕЙШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАОЛИНОВ

В составе Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции можно выделить три самостоятельные субпровинции: Среднеуральскую, Южноуральскую и Мугоджарскую. В основу такого деления наряду с географическим фактором положены особенности геологического развития указанных территорий, их приуроченность к определенным тектоническим структурам и геоморфологическим зонам и различная степень сохранности кор выветривания.

В пределах этих субпровинций выделяются несколько каолиноносных районов, в которых находятся отдельные месторождения и группы

месторождений, характеризующихся относительно близким качеством сырья и приуроченностью к коре выветривания определенных магматических или метаморфических комплексов.

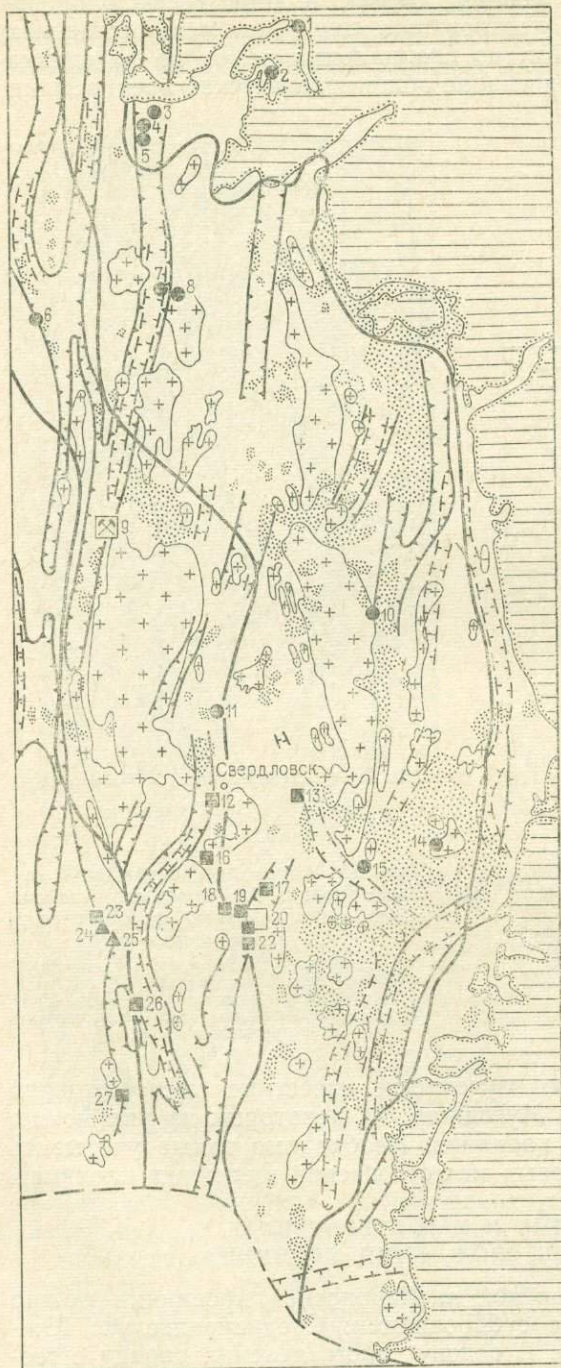


Рис. 26. Северо-Уральская каолиноносная субпровинция. Условные обозначения см. на рис. 37

Месторождения и проявления каолинов: 1 — Салдинское; 2 — Шумковское; 3 — Нюксинское; 4 — Гаревское; 5 — Луковское; 6 — Высокогорское; 7 — Северское; 8 — р. Бражко; 9 — Невьянское (Ключевское); 10 — Рефтинское; 11 — Балтымское; 12 — Уктусское; 13 — Косулинское; 14 — Некрасовское; 15 — Логиновское; 16 — Шабровское; 17 — Кадниковское; 18 — Черновское; 19 — Сысертское; 20 — Южно-Сысертское; 21 — Паньковское; 22 — Белоглинское; 23 — Баженовское; 24 — Гумешевское; 25 — Ивановское; 26 — Подневное; 27 — Уфалейское

Среднеуральская каолиноносная субпровинция, почти полностью совпадающая с географическими границами восточного склона Среднего Урала, прослеживается в меридиональном направлении примерно от широты г. Кыштыма на юге до широты г. Серова на севере (рис. 26). В ее состав входят две геоморфологические зоны: на западе — оста-

точные горы восточного склона Урала, на востоке — приподнятый и отпрепарированный пенеплен Северного и Среднего Урала. По данным А. П. Сигова с соавторами (1968), в зоне отпрепарированного и приподнятого пенеплена Северного и Среднего Урала площади, занятые корой выветривания, составляют лишь 30%. Верхняя каолинитовая часть профиля коры выветривания здесь, как правило, размыта.

Гранитные массивы, расположенные обычно в ядрах антиклинальных структур, подверглись эрозии и почти полностью лишены кор выветривания; если она сохранилась, то локализована вдоль контактовых зон или бортов древних эрозионно-структурных депрессий. Относительно лучшая сохранность коры выветривания отмечается в синклинальных

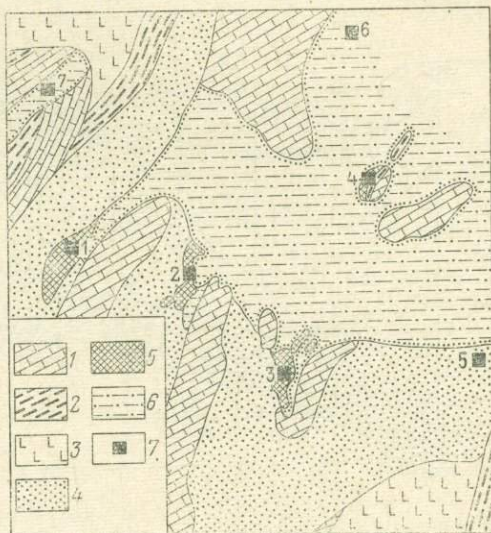


Рис. 27. Геологическое строение Невьянского месторождения каолинов (по М. Н. Букиной)

1 — известняки; 2 — метаморфические сланцы; 3 — порфиристы; 4 — каолины пестроокрашенные; 5 — каолины белые; 6 — песчано-глинистые отложения; 7 — залежи каолинов (1 — Цемзаводская; 2 — Березовское Болото; 3 — Ключевская; 4 — Белая Глина; 5 — Сухоложская; 6 — Пристанционная; 7 — Белые Пески)

структурах, где каолины возникли преимущественно в результате выветривания слюдяных сланцев.

В пределах Среднеуральской каолиноносной субпровинции можно выделить два каолиноносных района — Невьянский и Сысертский.

Невьянский каолиноносный район представлен группой мелких залежей элювиальных каолинов, расположенных в окрестностях г. Невьянска. Каолины возникли в результате выветривания кварцево-сланцевых сланцев и приурочены к бортам Ивдельско-Тагильской эрозионно-структурной депрессии. Все эти мелкие залежи составляют Невьянское (или Ключевское) месторождение. Геологоразведочными работами о контуреены четыре промышленных залежи: Ключевская, Березовое Болото, Трошинская и Цемзаводская с общими запасами на 1/1 1971 г. по категориям А+В+С₁ 5414 тыс. т.

Указанные залежи светлоокрашенных каолинов морфологически представляют собой тела неправильной формы в пестроцветной массе коры выветривания кварцево-сланцевых сланцев и, как правило, тяготеют к контактам этих сланцев с верхнесилурийскими известняками (рис. 27). Залежи вытянуты вдоль зон контакта, достигая длины 500—600 м при ширине 50—250 м (Ключевская, Березовое Болото). Глубина каолинизации варьирует от нескольких метров по краям залежей до 50—100 м в центре. Максимальная мощность каолинов Ключевской залежи 110 м, мощность светлоокрашенных разностей не более 50—60 м (рис. 28).

Вещественный состав невянских каолинов наиболее полно изучен по образцам из эксплуатируемой Ключевской залежи. По данным гранулометрического анализа, в их составе преобладают тонкие фракции

Таблица 27

Показатели	Тип каолина	Значение	
		от	до
Огнеупорность, °С	Н—СП	1610	1690
	Н—НС	1670	1740
Водопоглощение после обжига при 1300°С, %	Н—СП	0,1	3,0
	Н—НС	3,1	28,6
Полное водосодержание, %	Н—СП,	20,8	31,9
	Н—НС		
Число пластичности по Аттербергу	То же	2,0	8,0
	" "	5,4	10,6
Усадка после обжига, %:	" "	при 1200°С	6,3
		при 1300°С	7,9
Пористость после обжига, %:	" "	при 1200°С	1,14
		при 1300°С	0,92
Объемный вес после обжига:	" "	при 1200°С	1,43
		при 1300°С	1,83

Таблица 28

Показатели	СП (спекающе- щие)	НСП (неспекающе- щие)
Содержание на прокаленное вещество, %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	25	25
Fe ₂ O ₃ , не более	2,5	2,5
П. п. п., не более	7,0	7,0
Огнеупорность, °С, не менее	1610	1670
Водопоглощение после обжига при 1300°С с выдержкой 2 часа, %, не более	3	Более 3
Зерновой состав (промытием на ситах):		
зерна от 3 до 20 мм, %, не более	5	5
остаток на сите 10 000 отв/см ² (включая зерна более 3 мм), %, не более	10	10
Влажность, %, не более	20	20

потребителей, и в 1971 г. эксплуатационные работы здесь прекращены. Сысертский каолиноносный район, подобно Невьянскому, характеризуется широким развитием мелких залежей элювиальных каолинов, расположенных в окрестностях г. Сысерти и генетически связанных с корой выветривания кварцево-сланцевых сланцев палеозоя. Эти залежи (Сысертская, Паньковская, Белоглинская, Черновская, Казаринская, Кадниковская и др.) расположены в прибортовой зоне Иткульско-Сысертской эрозионно-структурной депрессии и, как правило, приурочены к контактам сланцев с карбонатными породами.

Подобно Невьянскому Сысертское месторождение характеризуется ограниченными размерами залежей и низким качеством сырья, поэтому перспективы его освоения весьма проблематичны.

В пределах Среднеуральской каолиноносной субпровинции зарегистрировано большое количество каолинопроявлений. В районе г. Полевского отмечены Гумешевское, Ивановское, Баженовское и ряд других каолинопроявлений, приуроченных к коре выветривания талькохлоритовых сланцев. В связи с ограниченными размерами залежей и низким качеством сырья они не представляют промышленного интереса. Группа каолинопроявлений (Нюксинское, Салдинское, Гарьевское и др.), пространственно и генетически связанных с корой выветривания гранитов, гнейсов и слюдяных сланцев, известна в северной части субпровинции. Эти проявления почти не изучены.

Таким образом, для Среднеуральской каолиноносной субпровинции характерно преобладание сланцевых каолинов, в ряде случаев образующих промышленные месторождения; гранитные каолины имеют ограниченное распространение и пока не получили промышленной оценки. Одной из актуальнейших задач является выявление промышленных залежей каолинов, приуроченных к коре выветривания гранитоидов.

Южноуральская каолиноносная субпровинция территориально соответствует восточному склону Южного Урала и граничит на севере со Среднеуральской, а на юге примерно на широте пос. Кваркено — с Мугоджарской каолиноносной субпровинцией (рис. 29). В ее пределах выделяются две основные геоморфологические зоны: Зауральский пенеппен с хорошо сохранившимися корами выветривания (51,7%) и отпрепарированный Зауральский пенеппен (южная стабильная часть), где корами выветривания покрыт 61% территории (Сигов и др., 1968). Зона приподнятого Зауральского пенеппена, прослеживающаяся вдоль западной части субпровинции, в отношении каолиноносности малоперспективна, так как здесь коры выветривания имеют ограниченное развитие (11,7%).

В пределах Южноуральской каолиноносной субпровинции выделяются несколько крупных каолиноносных районов, представляющих промышленный интерес: Кыштымский, Челябинский, Чебаркульский, Кочкарский, Джабык-Карагайский.

Кыштымский каолиноносный район представлен одним Кыштымским месторождением, расположенным в 4—5 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Кыштым и приуроченным к коре выветривания инъекционных гнейсов. Геологоразведочными работами околтурено несколько залежей элювиальных каолинов, среди которых наиболее крупными являются: Центральная, Западная и Южная с общими запасами на 1/1 1971 г. по категориям А+В+С 5053 тыс. т.

Геологическое строение докембрийского фундамента на месторождении довольно сложное и характеризуется чередованием лейкократовых и меланократовых (биотитовых, биотит-амфиболовых) гнейсов с амфиболитами и сланцами (рис. 30). Этот гнейсово-амфиболитовый комплекс пронизан многочисленными мелкими жильными телами аплитов, гранит-порфиоров, пегматитов и кварцевыми жилами.

Очевидно, такое петрографическое разнообразие исходных пород не могло не сказаться на качестве кыштымских каолинов, являющихся продуктом их выветривания. Поэтому в пределах одной залежи отмечается непрерывное чередование высококачественных светлоокрашенных каолинов, возникших за счет каолинизации маложелезистых существенно полевошпатовых пород (лейкократовых гнейсов, аплитов, пегматитов) с низкокачественными каолинами по биотито-амфиболовым, биотитовым гнейсам и амфиболитам, характеризующимся относительно высоким содержанием красящих окислов. Наряду с каолинами, глинистая

фракция которых почти полностью представлена каолинитом, встречаются разности с повышенным содержанием слюд (до 40%). Такое разнообразие в вещественном составе кыштымских каолинов отрица-

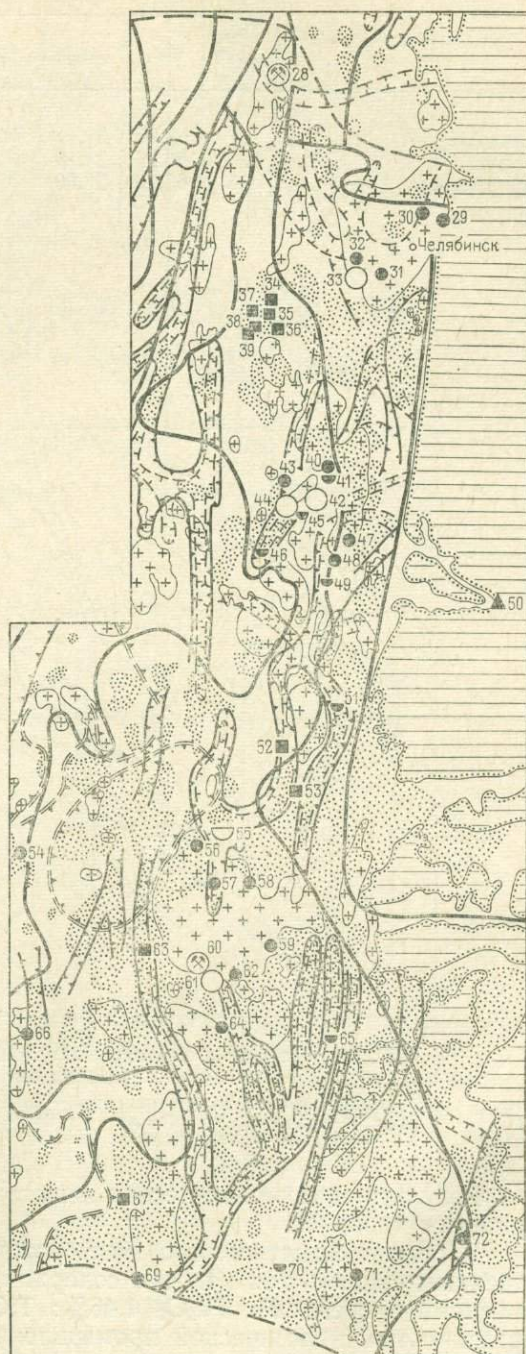


Рис. 29. Южно-Уральская каолиноносная субпровинция. Условные обозначения см. на рис. 37

Месторождения и проявления каолинов: 28 — Кыштымское; 29 — Першинское; 30 — Заварухинское (Шагольское); 31 — Полетаево I; 32 — Спецгор; 33 — Полетаевское; 34 — Барановское; 35 — Покровское; 36 — Пустозерское; 37 — Чебаркульское; 38 — Симоновское; 39 — Мельниковское; 40 — Чуксинское; 41 — Чуксинское I; 42 — Журавлиный Лог; 43 — Котликское; 44 — Михайловское; 45 — Поварнейское; 46 — Светлинское; 47 — Осейка; 48 — Юльевское; 49 — Каменносанарское; 50 — Троицкое; 51 — Чесменское; 52 — участок № 27; 53 — Московское; 54 — Магнитогорское; 55 — Астафьевское; 56 — Красная Горка; 57 — Парижское; 58 — Кожубаевское; 59 — Анненское; 60 — Еленинское; 61 — Чекомакульское; 62 — Акиуллинское; 63 — Алексеевское; 64 — Неплюевское; 65 — Елизаветопольское; 66 — Кара-Булакское; 67 — Новооренбургское; 68 — Бриентское; 69 — у совхоза им. Кирова; 70 — Наследническое; 71 — Кусоканское; 72 — Жетыгоринское

тельно сказывается на качестве сырья. На Кыштымском обогатительном комбинате выход обогащенного продукта составляет в среднем 50,2%.

Химический состав кыштымских каолинов отдельных участков, по материалам З. Г. Ушаковой, приведен в табл. 29 (в %).

Таблица 29

Разведанный участок	Количество проб	Каолин-сырец				Отмученный каолин			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Западный	11	65,05	24,41	0,24	1,88	49,36	35,60	0,67	1,53
Южный	26	66,26	24,10	0,30	1,60	48,73	36,00	0,69	1,44
Центральный	15	67,16	23,60	0,33	1,39	48,26	36,30	0,71	1,37

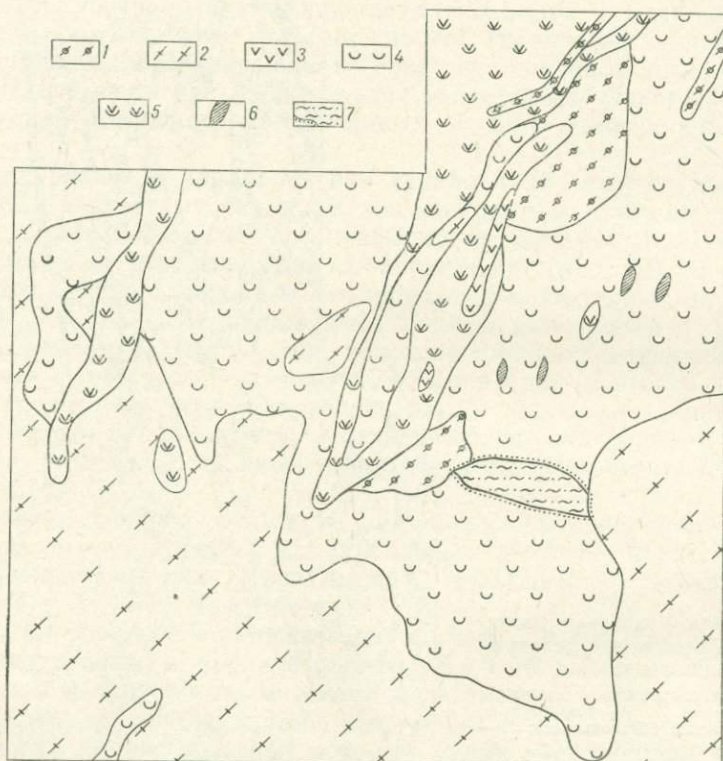


Рис. 30. Геологическое строение Кыштымского месторождения каолинов

1 — гранито-гнейсы и ортогнейсы; 2 — интрузивные гнейсы; 3 — амфиболиты; 4 — каолины по гнейсам; 5 — каолины по амфиболитам; 6 — каолины по полевошпатовым жилам; 7 — осадочные отложения

Результаты технологических испытаний кыштымских каолинов приведены в табл. 30.

Каолины Кыштымского месторождения являются невысококачественным сырьем, так как они содержат большое количество красящих окислов (в среднем): Fe₂O₃ 1,46%; TiO₂ 0,64%. Однако они широко применяются в химической промышленности, главным образом в производстве хлористого алюминия, а также являются ценным сырьем для электрокерамического производства в связи с их высокой механической прочностью на изгиб. В сыром виде каолины идут в огнеупорное производство. Требования промышленности, предъявляемые к кыштымским каолинам, приведены в табл. 31.

Таблица 30

Показатели	Значение
Огнеупорность, °С	1690—1730
Линейная усадка воздушная:	5,4—6,4
после обжига при 1350°С, %	8,6—10,6
после обжига при 1430°С, %	9,4—11,2
Характеристика черенка после обжига при 1350°С:	
водопоглощение, %	20,8
открытая пористость, %	35,0
объемный вес, г/см ³	1,68
Характеристика черенка после обжига при 1430°С:	
водопоглощение, %	8,87—18,4
открытая пористость, %	18,5—32,0
объемный вес, г/см ³	1,74—2,09
Механическая прочность на изгиб, кг/см ²	82—152
Пористость, %	
Белизна черенка, обожженного при 1350°С (среднее по 71 пробе), %	18,3—40
	89,58
Температура спекания, °С	1400—1450

Таблица 31

Показатели	Сорт		
	I	II	III
Содержание, % Fe ₂ O ₃ , не более	1	1,2	2,5
Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ , не более	1,6	1,9	3,0
Al ₂ O ₃ , " "	37	36	35
Остаток на сите, %: № 02	0,02	0,07	0,15
№ 0056	0,8	1,0	2,5
Порог структурообразования каолиновой суспензии	1,22—1,36	1,22—1,36	
Активная щелочность: рН, не более	9,5	9,5	9,5

Месторождение разрабатывается Кыштымским графито-каолиновым комбинатом, добыча ведется на Южном и Центральном участках открытыми карьерами. Ежегодная добыча каолина-сырца составляет 125 тыс. т, около 33 тыс. т поставляется в сыром виде Кыштымскому огнеупорному заводу, остальной каолин подвергается обогащению. Обогащение производится мокрым способом с применением стабилизатора суспензии — жидкого стекла и коагулянта — известкового молока.

Около 60% обогащенного каолина потребляется химической промышленностью, 38% — электроизоляторным производством и 2% — керамической (строительная и бытовая керамика) промышленностью.

Планируется реконструкция Кыштымского графито-каолинового комбината, в результате чего производственная мощность рудника должна достигнуть 180 тыс. т каолина-сырца в год. При таком объеме добычи комбинат обеспечен запасами на 27 лет. Однако перспективы прироста запасов на Кыштымском месторождении практически исчерпаны. Поисковыми работами, проведенными южнее г. Кыштыма в 1957—1958 гг., не обнаружено ни одной промышленной залежи элювиальных каолинов.

Челябинский каолиноносный район ограничен площадью развития гранитоидов Челябинского массива. В пределах района зарегистрировано несколько месторождений и проявлений каолинов. Самым крупным и наиболее изученным является Полетаевское месторождение, расположенное в 4,5 км к северо-западу от ст. Полетаево I и 20 км западнее

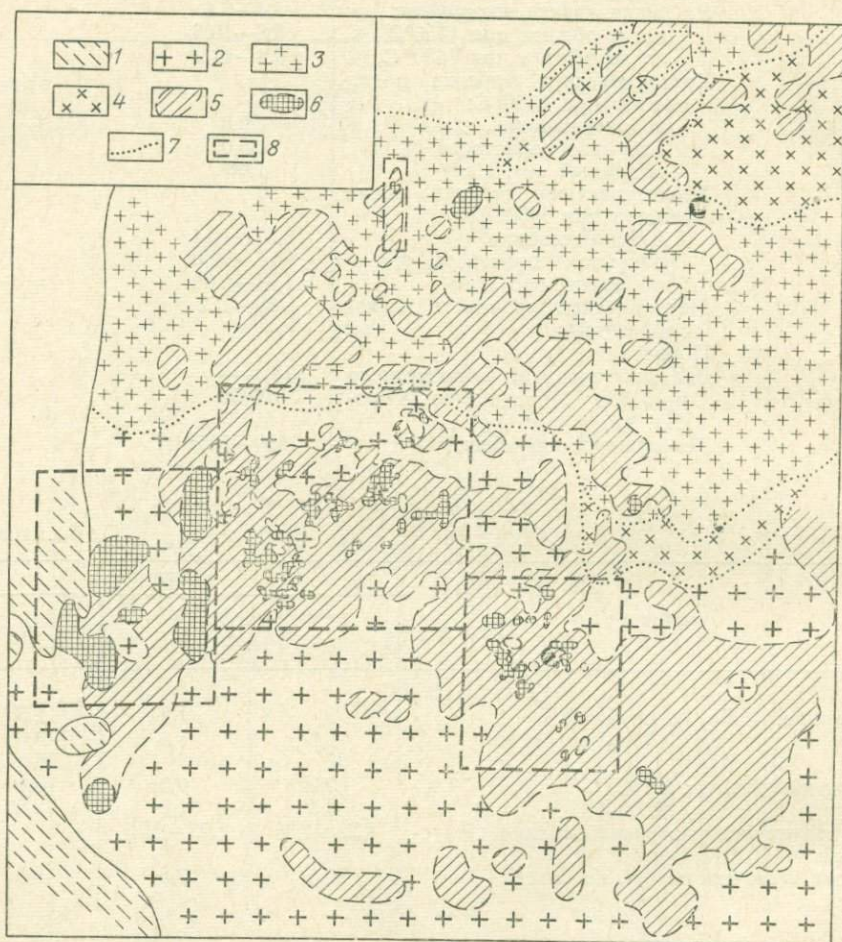


Рис. 31. Геологическое строение Полетаевского месторождения каолинов (по Т. К. Одинцовой, Ю. А. Авакумову)

1 — филлиты и амфиболиты; 2 — граниты биотитовые, крупнозернистые, порфиоровидные; 3 — граниты лейкократовые, среднезернистые; 4 — гранодиориты; 5 — элювиальные каолины пестроокрашенные; 6 — залежи белых каолинов; 7 — границы между различными петрографическими разностями гранитоидов; 8 — разведанные участки

г. Челябинска. Геологоразведочными работами выявлены три основных каолиноносных участка — Западный, Центральный и Южный, в пределах которых оконтурено 29 залежей элювиальных каолинов с общими запасами по категориям А+В+С₁ 14 851 тыс. т (рис. 31). Залежи промышленных каолинов, как правило, имеют неправильную, но более или менее изометричную форму в плане и сравнительно небольшие размеры (не более 0,5 км²). Мощности промышленных каолинов редко превышают 30—35 м (рис. 32). Разведанные залежи представлены в основном каолинами, образованными при выветривании крупнозернистых биотитовых порфиоровидных гранитов, а также каолинами по средним и мелкозернистым лейкократовым гранитам, мусковитовым и двуслюдяным гранитам, которые в общем балансе запасов месторождений имеют

второстепенное значение. Результаты гранулометрического анализа для различных фракций каолинов Полетаевского месторождения, по Т. К. Одинцовой и Ю. А. Авакумову, следующие (в %): >5 мм 5,25; 5—3 мм 6,90; 3—1 мм 7,20; 1—0,5 мм 8,30; 0,5—0,25 мм 6,35; 0,25—0,06 мм 6,50; <0,06 мм 59,50. Относительно высокое содержание грубых фракций обусловлено присутствием крупнозернистого кварца. В глинистой фракции обычно преобладает каолинит (до 70—80%) с примесью галлузита, в подчиненных количествах присутствуют слюда (5—15%) и кварц (10%). Реже встречаются разновидности каолинов с повышенным содержанием слюды до 30—40% (спекающиеся каолины).

В результате изучения вещественного состава и технологических свойств каолинов Полетаевского месторождения было выделено три

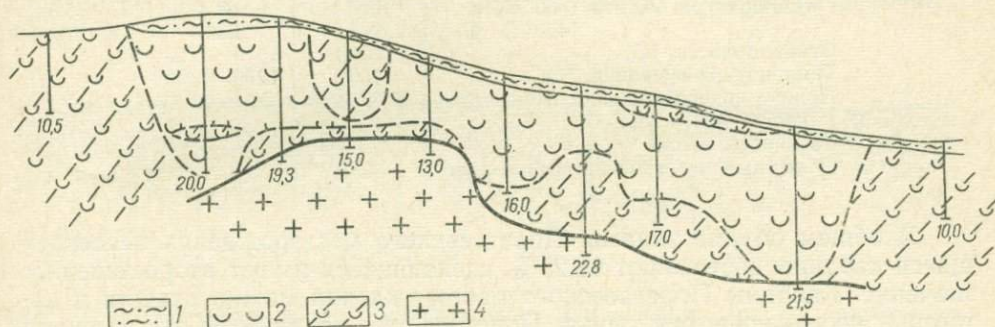


Рис. 32. Геологический разрез Полетаевского месторождения каолинов

1 — суглинки бурые; 2 — каолины белые, светло-серые; 3 — каолины пестроокрашенные; 4 — биотитовый гранит

основных типа: 1) неспекающиеся каолины (НСП), продукт обогащения которых дает белый черепок с водопоглощением >3% и линейной усадкой <7,5%; в составе глинистой фракции таких каолинов преобладает каолинит; содержание щелочей невысокое; 2) неспекающиеся окварцованные каолины (НСО) почти не отличаются от неспекающихся, но содержат много тонкодисперсного кварца и имеют линейную усадку <7,5; 3) спекающиеся каолины (СП), после обжига дающие окрашенный черепок с водопоглощением <3%; в минеральном составе глинистой составляющей слюдистых минералов 30—40%, поэтому в них наблюдается повышенное содержание щелочей.

Средний химический состав каолинов (в %) приведен в табл. 32.

Данные технологических испытаний каолинов Полетаевского месторождения представлены в табл. 33.

Таблица 32

Марка каолина	Количество анализов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.л.п.
Каолин-сырец											
НСП	1398	66,88	22,86	0,28	1,00	0,12	0,25	1,19	0,07	0,07	7,18
СП	40	68,08	22,26	0,31	1,34	0,20	0,66	2,88	0,09	0,05	6,34
НСО	24	67,36	23,02	0,24	0,97	0,02	0,42	0,93	0,05	0,05	7,59
Обогащенный каолин											
НСП	70	47,96	36,05	0,61	1,27	0,21	0,45	1,74	—	0,05	11,77
СП	10	48,97	33,72	0,60	1,78	0,12	0,85	3,02	—	0,05	10,55
НСО	40	53,31	31,53	0,61	1,53	0,07	0,25	0,83	—	0,05	9,61

Таблица 33

Показатели	НСП (неспекаю- щиеся)	СП (спекающиеся)
Водопоглощение		
Температура обжига 1350° С, %	7,95	0,97
" " 1450° С, %	5,11	0,82
Общая линейная усадка		
температура обжига 1350° С, %	9,39	14,5
" " 1450° С, %	10,27	
Белизна		
высушенного каолина 110° С, %	87,0	84,1
температура обжига 1350° С, %	89,8	68,4
" " 1450° С, %	83,9	65,2
Огнеупорность, °С	1760	1670—1720
Температура спекания, °С	1500	1270—1350
Полное водосодержание водозатворенной массы, %	27,6 - 35,8	24,4—28,4
Связность, кг/см ²	4,1	
Объемный вес каолина-сырца, г/см ³	1,76	

В общем объеме запасов Полетаевского месторождения неспекающиеся каолины составляют 96,25%, спекающиеся имеют второстепенное значение. Каолины Полетаевского месторождения можно отнести к категории неспекающегося сырья. Полетаевский каолин (НСП) является ценным сырьем для огнеупорной промышленности.

Окварцованные неспекающиеся разности можно использовать только в виде сырца совместно с неспекающимся каолином (НСП). Спекающиеся каолины рассматриваются как некондиционные. Белые и светлоокрашенные разности каолинов пригодны в качестве минеральных наполнителей при изготовлении бумаги. К сожалению, на месторождении неизвестны запасы и условия залегания щелочных каолинов, существование которых подтверждается результатами минералогического и химического анализов отдельных образцов. Месторождение не разрабатывается, но детально разведано и числится на Всесоюзном балансе как подготовленное к эксплуатации.

С корой выветривания гранодиоритов и диоритов Челябинского массива связаны Заварухинское, Шагольское, Першинское и другие месторождения и проявления. Они, как правило, характеризуются более низким качеством сырья.

Чебаркульский каолиноносный район расположен восточнее г. Чебаркуль и представлен большим числом мелких залежей элювиальных каолинов, связанных с корой выветривания кристаллических сланцев. Наиболее крупными являются Барановская, Симоновская, Чебаркульская, Мельниковская, Угловская и Травниковская залежи. Каолины известны здесь очень давно и являлись сырьем для первых образцов русского фарфора. Позднее они использовались в производстве огнеупоров для местных металлургических заводов. Из-за небольших размеров, невыдержанного качества сырья и нерентабельности эксплуатации разработка месторождений прекращена.

Кочкарский каолиноносный район занимает западную часть Кочкарского административного района Челябинской области и характеризуется широким развитием кор выветривания. Все основные месторождения элювиальных каолинов этого района являются продуктами выветривания нормальных микроклиновых гранитов Джабык-Карагайского интрузивного комплекса (Кетрис, Львов, 1968) и обычно располагаются вдоль бортов эрозивно-структурных депрессий. Залежи элювиальных каолинов, связанные с корой выветривания гранитоидов Плас-

товского комплекса, в восточной части района, как правило, характеризуются низким качеством сырья.

Наряду с элювиальными каолинами широко развиты переотложенные каолины, залегающие среди песчано-глинистых отложений, выполняющих эрозионно-структурные депрессии. Залежи переотложенных каолинов практически не оконтурены, а каолины не получили качественной оценки. Наиболее хорошо изучены месторождения элювиальных каолинов Журавлиный Лог и Михайловское.

Месторождение Журавлиный Лог расположено в 2,5 км севернее хут. Поварня и в 12 км западнее г. Пласт. Промышленная залежь приурочена к коре выветривания гранито-гнейсов Поварнского массива, она развита вдоль его западного контакта с карбонатными породами. Морфология каолиновой залежи, особенно ее нижних горизонтов, не исследована из-за недостаточной глубины разведочных скважин.

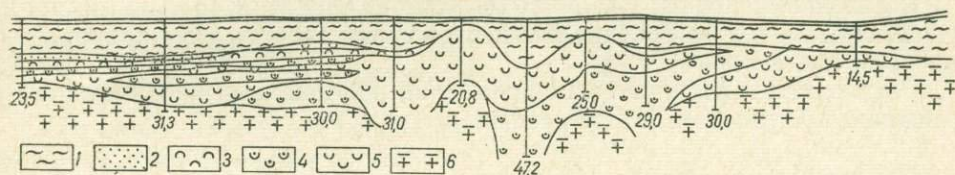


Рис. 33. Геологический разрез месторождения Журавлиный Лог (по материалам В. Г. Люличевой)

1 — глина; 2 — песок кварцевый; 3 — каолин розовый; 4 — каолин кремовый; 5 — каолин светлый (белый, серый); 6 — дресва гранитов

Белые и светлоокрашенные разности каолинов, представляющие наибольший практический интерес, залегают в виде неправильной формы тел среди пестроокрашенных каолинов, обычно слагая верхнюю часть профиля выветривания; среди белых каолинов нередко отмечаются прослои и линзы окрашенных разностей (рис. 33). Глубина каолинизации по отдельным скважинам превышает 50 м, мощность белых и светлоокрашенных каолинов, как правило, не более 30 м.

Вещественный состав и технологические свойства каолинов месторождения Журавлиный Лог подробно изучены в 1951—1952 гг. геолого-разведочными работами, проведенными под руководством В. Г. Люличевой.

Средний химический состав белоцветных каолинов месторождения Журавлиный Лог (по результатам анализа технологических проб) приведен в табл. 34 (в %).

Таблица 34

Вид сырья	Количество проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	SO ₃	П.п.п.
Каолин-сырец	9	68,7	0,4	20,20	0,60	1,18	0,47	Не опр.	0,30	6,59
Каолин обогашенный	8	52,41	0,3	31,2	0,90	0,5	0,43	4,33	—	9,07

Белые разности каолинов месторождения Журавлиный Лог характеризуются повышенным содержанием щелочей, что в целом согласуется с результатами минералогического анализа (табл. 35).

Высокое содержание щелочей, преимущественно K₂O, в каолинах Журавлиного Лога обусловлено присутствием калиевого полевого шпата

Таблица 35

Размер фракции	Значение	Содержание компонентов, %			
		кварц	полевой шпат	слюда	каолинит
Песчаная (>0,056 мм)	От — до среднее	5—25 18,0	25—73 55,0	7—50 25,0	0—5 2,0
Глинистая (<0,056 мм)	От — до среднее	Ед. зерна 1	0—20 10,0	0—15 7,0	70—95 89,0

и частично слюды, содержание которых остается значительным в обогащенном продукте. С полным основанием можно отнести каолины рассматриваемого месторождения к щелочному типу.

О запасах щелочных каолинов на месторождении Журавлиный Лог судить трудно, так как специальных оценочных работ в этом направлении не проводилось.

Результаты технологических испытаний обогащенных каолинов месторождения Журавлиный Лог сведены в табл. 36.

Таблица 36

Показатели	Значение	
	от — до	среднее
Пластичность, %	9,2—12,7	10,3
Огнеупорность, °С		1700
Температура спекания, °С		1400
Водопоглощение после обжига при 1410° С, %	6,05—16,30	9,32
Белизна		
высушенного при 110° С, %	91,5—95,3	93,2
обожженного при 1300° С, %	86,0—96,0	89,14

Обогащенный каолин месторождения Журавлиный Лог может использоваться керамической промышленностью в производстве облицовочной плитки, низковольтного и хозяйственного фарфора, сантехфаянса, а также в парфюмерной и бумажной промышленности в качестве наполнителя.

Месторождение разведано и состоит на балансе, как подготовленное к разработке. Экономически обоснована рентабельность ввода его в эксплуатацию с производительностью карьера 310 тыс. т каолина-сырца в год, при условии доставки обогащенного каолина автотранспортом на ж.-д. ст. Увелька.

Разработка каолинов месторождения Журавлиный Лог возможна после получения положительных результатов заводских испытаний для соответствующих отраслей промышленности. Кроме того, необходимо провести дополнительные работы по оценке щелочных каолинов.

Михайловское месторождение расположено в 1 км к юго-западу от пос. Михайловского, на правом склоне долины р. Кабанка, в 6 км западнее месторождения Журавлиный Лог. Залежи каолинов связаны с корой выветривания мелкозернистых биотитовых гранитов, представляющих собой серию мелких крутопадающих даек северо-восточного простирания, иногда секущих толщу каменноугольных известняков, но в целом залегающих по их напластованию. В разрезе

месторождения наблюдается сложное чередование пластообразных залежей каолинов с прослоями окремнелых известняков, имеющих крутое падение. Геологоразведочными работами, проведенными в 1963—1969 гг. З. М. Мурдид и В. Я. Шамич, выделены три каолиновые залежи: Восточная, Центральная и Западная, ориентированные в субмеридиональном направлении и достигающие в длину 350—400 м при ширине 3—75 м (рис. 34). Глубина каолинизации по отдельным скважинам превышает 75 м, что, возможно, обусловлено наличием тектонического нарушения, на существование которого указывает присутствие катаклазированных гранитов.

Средний химический состав каолинов и продуктов их обогащения, а также некоторые технологические свойства каолинового концентрата приведены, по материалам З. М. Мурдид и В. А. Шамич, в табл. 37.

Лучшим качеством обладают каолины Центральной залежи; в целом месторождение характеризуется низким качеством сырья. Лишь 33% обогащенного каолина удовлетворяют требованиям, предъявляемым к каолинам керамической и бумажной промышленности. Учитывая ограниченные размеры залежей (запасы Центральной залежи оцениваются в 650 тыс. т) и сложные горнотехнические условия, вряд ли можно говорить о возможности разработки этого месторождения в настоящее время.

Кроме описанных месторождений, в пределах Кочкарского каолиноносного района отмечен ряд каолинопроявлений, связанных с корой выветривания различных гранитных массивов. К известным с давних пор, но почти не изученным проявлениям элювиальных каолинов следует отнести Летние хутора, Юльевское и Чуксинское. Размеры этих каолинопроявлений неизвестны, но имеющиеся отдельные аналитические данные указывают на их относительно высокое качество. Они, безусловно, заслуживают более детального изучения.

В пределах района зарегистрирован также ряд проявлений перетолженных каолинов, связанных с отложениями, выполняющими эрозионно-структурные депрессии (Поварненское, Вознесенское, Чуксинское и др.). Скважинами вскрыты залежи перетолженных каолинов, достигающих мощности 40—60 м и характеризующихся довольно хорошим качеством (например, Поварненское проявление). Подобные залежи вскрыты у поселков Каменная Санарка, Светлый, Чесма.

Кочкарский район относится к категории перспективных не только на элювиальные, но и на перетолженные каолины эрозионно-структурных депрессий. Кроме того, его следует считать перспективным и на щелочные каолины, присутствие которых установлено на месторождении Журавлиный Лог.

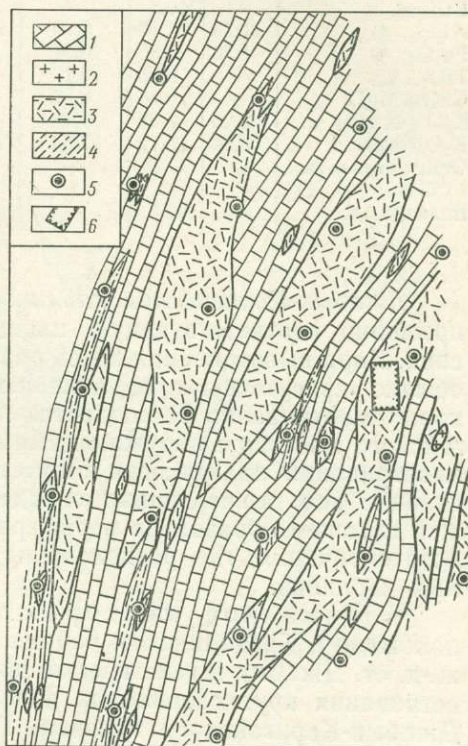


Рис. 34. Геологическое строение Михайловского месторождения каолинов (по З. Г. Мурдид и В. В. Шамич)

1 — известняки; 2 — граниты; 3 — каолины по гранитам; 4 — выветрелые сланцы; 5 — буровые скважины; 6 — карьер

Показатели	Восточная залежь			Центральная залежь			Западная залежь		
	каолин		фракция >0,056 мм	каолин		фракция >0,056 мм	каолин		фракция >0,056 мм
	сырец	обогащенный		сырец	обогащенный		сырец	обогащенный	
Выход, %	—	40,3	—	—	51,2	—	—	40,4	—
Al ₂ O ₃ , %	11,76	33,19	6,79	19,18	35,73	—	16,5	32,61	10,11
Fe ₂ O ₃ , %	1,76	2,36	0,97	0,52	0,86	0,32	1,96	3,90	1,46
TiO ₂ , %	—	0,28	0,17	—	0,32	0,18	—	0,52	0,19
CaO+MgO, %	—	0,75	0,67	—	0,48	0,70	—	0,82	0,53
K ₂ O+Na ₂ O, %	2,25	2,82	4,48	1,22	1,59	2,13	3,46	2,39	4,42
K ₂ O/Na ₂ O, %	13,04	15,72	12,24	15,95	17,12	8,71	9,5	12,3	8,5
Огнеупорность, °C	—	1727	—	—	1747	—	—	1706	—
Белизна, %	—	40,3	—	—	51,2	—	—	40,4	—

Джабык-Карагайский каолиноносный район занимает территорию, примерно соответствующую площади одноименного гранитного массива. Кора выветривания здесь развита преимущественно по периферии; обычно присутствуют ее линейные фрагменты. Площадное развитие коры выветривания наблюдается лишь в зоне контакта Джабык-Карагайского массива с окружающими породами. В центральной части кора выветривания практически отсутствует. Такое кольцеобразное распределение кор выветривания определило размещение каолиновых залежей главным образом по периферии массива и особенно вдоль его южного окончания, где расположены основные месторождения элювиальных каолинов.

Еленинское месторождение элювиальных каолинов расположено в Карталинском районе Челябинской области, в 10 км южнее ж.-д. ст. Джабык и генетически связано с линейно-трещинной корой выветривания крупнозернистых порфировидных микроклиновых гранитов Джабык-Карагайского массива. Геологоразведочными работами, проведенными под руководством В. В. Овчинникова, выявлено несколько каолиновых залежей, размещение и пространственная ориентация которых контролируются зоной тектонических нарушений субширотного простирания, прослеженной на 20 км. Все каолиновые залежи имеют вытянутую форму и ориентированы в субширотном направлении. Эксплуатируемая залежь имеет длину 1000 м, ширину не более 200—250 м и подразделена на два участка—Западный и Восточный, мощность каолинов равна соответственно 60 и 90 м и уменьшается до 6 м между участками (рис. 35). Западный участок характеризуется более или менее симметричным поперечным строением; Восточному свойственна асимметричность (южный борт пологий, северный крутой).

В профиле выветривания на месторождении довольно отчетливо выделяются три зоны: 1) дресвы (не более 5 м); 2) щелочных каолинов (10—15 м); 3) собственно каолинов, мощность которых в центре залежи местами превышает 90 м.

Вещественный состав еленинских каолинов изменяется с глубиной и к бортам каолиновой залежи. Так, в центральной части залежи в минеральном составе каолинов преобладает каолинит (до 70%), 29% приходится на долю кварца и слюды и около 1% составляет полевой шпат. С глубиной и к периферии залежи содержание полевого шпата заметно увеличивается, соответственно уменьшается содержание каолинита (до 50%). Щелочные каолины характеризуются высоким содержанием полевого шпата, очень часто отмечаются крупные реликтовые кристаллы микроклина (3—5 см). Пофракционный минералогический

анализ показывает, что кварц и полевоы шпат присутствуют в основном в крупной фракции ($>0,056$ мм), тонкая фракция представлена каолинитом. Слюда отмечается почти во всех фракциях, но ее содержание редко достигает 10%.

По результатам технологических испытаний выделены неспекающиеся (75%) и спекающиеся (25%) каолины. В неспекающихся каолинах содержание полевого шпата очень незначительно, в спекающихся достигает 10—15%.

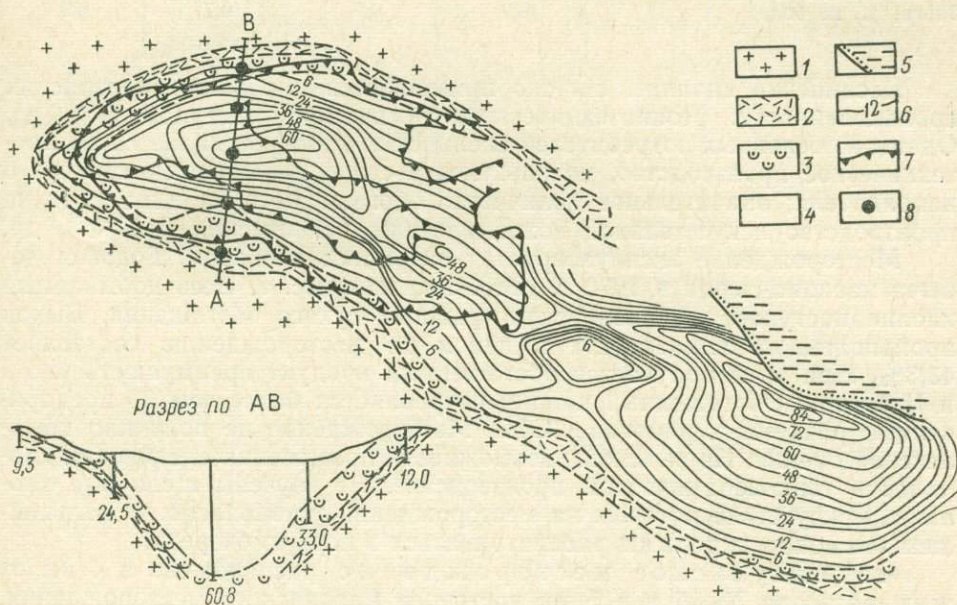


Рис. 35. Геологическое строение Еленинского месторождения (залежь № 1)

1 — граниты; 2 — дресва гранитов; 3 — каолин с реликтами полевого шпата (щелочной каолин); 4 — каолин белый; 5 — перетолженные каолины; 6 — линии изомощностей каолинов; 7 — контуры карьера; 8 — разведочные скважины

Химический состав еленинских каолинов, по данным К. П. Лаврова и В. В. Овчинникова, приводятся в табл. 38 (в %).

Таблица 38

Вид каолина	Значение	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	П.п.п.
Сырец Отмученный (неспекающийся)	Среднее	65,0	0,59	23,39	0,85	0,35	н/об	0,16	7,86
	От	45,52	0,46	36,99	0,62	0,08	0,03	0,17	8,65
	до	49,82	0,92	39,18	1,10	0,25	1,53	0,87	13,49

Керамические испытания обогащенного (неспекающегося) каолина, обожженного до 1450° С, дали следующие средние результаты (в %): водопоглощение 9,39, общая линейная усадка 9,66, белизна 91,3. Огнеупорность более 1700° С.

Требования промышленности, предъявляемые к качеству обогащенных каолинов Еленинского месторождения (ГОСТ 3314—63), представлены в табл. 39.

Показатели	Сорт			
	Высший (НС-0)	I (НС-I)	II (НС-II)	III (НС-III)
Содержание, % Fe_2O_3 , не более	0,7	0,8	1,0	2,0
Остаток на сите, %:				
№ 016—1485 отв/см ²	0,01	0,01	0,10	0,20
№ 009—3900 "	0,2	0,3	Не нормировано	
№ 0056—10 000 "	0,7	0,9	2,0	2,5
Влага, %, не более	0,9	0,7	0,7	0,9

Еленинские каолины широко применяются в различных отраслях промышленности: резинотехнической, химической, огнеупорной и др. Одним из основных потребителей еленинских каолинов является резинотехническое производство, использующее его в качестве минерального наполнителя; значительное количество обогащенного каолина идет на производство искусственной кожи, клеенки, технических тканей и др.

Месторождение эксплуатируется открытым карьером. Годовая добыча каолина-сырца в 1970 г. составила 234 тыс. т. Весь добываемый каолин поступает на Еленинскую фабрику сухого обогащения. Выход промышленного концентрата в целом по месторождению составляет 43,3%. При этом получается обогащенный продукт преимущественно I и II сортов. Обогащенный каолин потребляется более чем 30 предприятиями различных районов СССР. Месторождение не получило комплексной оценки. Не выяснены возможности применения еленинских каолинов в тонкокерамическом производстве. Не изучены щелочные каолины, присутствие которых на месторождении установлено. В дальнейшем эти вопросы должны рассматриваться в первую очередь.

Чекмакульское месторождение расположено в 4 км от ж.-д. разъезда № 46 и в 5 км восточнее Еленинского месторождения. Каолиновая залежь приурочена к зоне тектонического нарушения в гранитах Джабык-Карагайского массива. Морфология и технологические свойства каолинов Чекмакульского месторождения мало отличаются от Еленинского, поэтому нами подробно не описываются. Для качественного сравнения приведены результаты технологических испытаний (табл. 40).

Месторождение в настоящее время не эксплуатируется и числится как резервная залежь Еленинского месторождения.

В пределах Джабык-Карагайского каолиноносного района развиты также Акмуллинская, Анненская, Парижская и другие залежи элювиальных каолинов; изучены они очень плохо и по качеству сырья значительно уступают рассмотренным выше месторождениям.

В Джабык-Карагайском каолиноносном районе известно еще одно месторождение — Астафьевское, являющееся единственным на Урале разведанным месторождением переотложенных каолинов. Оно расположено в 2 км юго-восточнее пос. Астафьевка и приурочено к Астафьевской эрозионно-структурной депрессии. Переотложенные каолины в виде крупной неправильной формы линзы мощностью 60 м залегают в толще песчано-галечниковых отложений верхнемелового возраста, выполняющих эрозионные впадины в каменноугольных известняках (рис. 36). Переотложенные каолины белого цвета, по минеральному составу гидрослюдисто-каолинитовые. По данным Е. Ф. Рыжкова, запасы месторождения составляют около 30 млн. т. Качество сырья низкое и характеризуется относительно высоким содержанием Fe_2O_3 и TiO_2 . Химический состав каолинов Астафьевского месторождения приведен в табл. 41 (в %).

Таблица 40

Показатели	Каолин-сырец	Обогащенный каолин
SiO ₂ , %	53,49—71,88	43,0—60,30
Al ₂ O ₃ , %	17,15—30,70	28,99—38,01
Fe ₂ O ₃ , %	0,83—1,15	0,78—2,91
TiO ₂ , %	—	0,65—2,07
П.п.п.	4,86—10,95	0,20—13,68
Огнеупорность, °С	1710—1750	1750
Полное водосодержание, %	16,70—26,40	21,2—33,90
Усадка, %:		
после сушки	5,60—13,60	12,4—19,6
после обжига при 1300° С	7,6—12,8	
при 1400° С	8,1—13,6	
Водопоглощение черепка, %	8—28 %	1,40—23,6
Белизна, %:		
высушенного		50—90,8
обожженного		71,0—94,3
Остаток на сите 10 000 отв/см ² , %	43,2—71,0	
Характер черепка	Белый без мушек и выплавок	

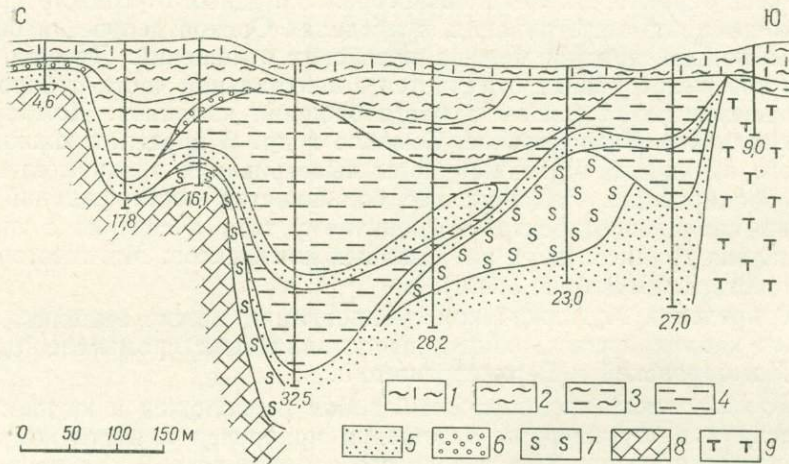


Рис. 36. Геологический разрез Астафьевского месторождения переотложенных каолинов (по Е. Ф. Рыжкову)

1 — суглинки; 2 — глина бурая; 3 — глина пестрая; 4 — глина белая (переотложенный каолин); 5 — песок; 6 — галечник; 7 — кремнистые породы; 8 — известняк; 9 — алюмосиликатные породы

Таблица 41

Вид сырья	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.
Каолин-сырец	49,75	1,28	26,38	1,98	0,83	1,62	2,15	0,18	11,02
Каолин обогащенный	49,04	0,98	32,30	2,70	0,28	0,39	2,24	0,28	11,12

Гранулометрический состав одной пробы астафьевского каолина по фракциям следующий (в %): >0,5 мм 0,27; 0,5—0,25 мм 0,80; 0,25—0,10 мм 2,55; 0,10—0,05 мм 37,08; 0,05—0,01 мм 9,70; 0,1—0,005 мм 10,55; 0,005—0,001 мм 10,20; <0,001 мм 28,85.

Каолин Астафьевского месторождения грубодисперсный. Пластичность низкая. Огнеупорность 1650—1710°С.

В связи с низким качеством сырья и сложными горнотехническими условиями залегания дальнейшее изучение Астафьевского месторождения прекращено. Это не означает, что все месторождения переотложенных каолинов подобного типа не имеют практического значения. Переотложенные каолины заслуживают внимания и дальнейшего изучения, они широко развиты на Южном Урале и могут дать концентрации, удовлетворяющие требованиям промышленности.

Для Южноуральской каолиноносной субпровинции основным промышленным типом являются гранитные каолины, в ряде случаев образующие промышленные месторождения. Из девяти учтенных всесоюзным балансом уральских месторождений в пределах Южноуральской субпровинции находится пять, два из них эксплуатируются. Таким образом, по степени изученности и промышленной значимости эта территория занимает на Урале первое место.

Мугоджарская каолиноносная субпровинция прослеживается примерно до широты г. Эмбы, территориально совпадая с географическими границами Мугоджар (рис. 37). В составе ее выделяются две каолиноносные геоморфологические зоны: пенеплен Восточных Мугоджар (южная часть Зауральского пенеплена) и Замугоджарский откопанный пенеплен, где площади, занятые корами выветривания, составляют более 60% всей территории. Зона низкогогорья Западных Мугоджар практически лишена кор выветривания, в пределах Орской депрессии они перекрыты мощной толщей мезо-кайнозойских отложений. Лучшая сохранность кор выветривания отмечается в центральной части субпровинции, где располагаются основные месторождения каолинов: Домбаровское, Архангельское, Уймшильское, Союзное и др. В пределах южного и северного окончаний Мугоджар коры выветривания в значительной степени эродированы. Подавляющее большинство месторождений элювиальных каолинов относится к гранитному типу и связано с корой выветривания гранитов двух интрузивных комплексов: Магнитогорского и Адамовского (Билибина, 1970).

В пределах Мугоджарской субпровинции можно выделить два основных каолиноносных района, представляющих промышленный интерес: Домбаровский и Верхнеиргизский.

Домбаровский каолиноносный район расположен к юго-востоку от г. Орска и в структурном отношении приурочен к восточному крылу Магнитогорского прогиба, в зоне его сочленения с Восточноуральским поднятием. Каолиновые залежи связаны с корой выветривания гранитоидов Магнитогорского комплекса и в общем характеризуются относительно низким качеством сырья. В пределах этого района разведано два месторождения элювиальных каолинов: Архангельское и Домбаровское.

Архангельское месторождение элювиальных каолинов находится в 10—15 км юго-западнее пос. Архангельского (Домбаровский район, Оренбургская область) и генетически связано с корой выветривания гранитов и гранодиоритов Домбаровского массива. Разведанная залежь каолинов приурочена к зоне контакта гранодиоритов с гранитами и занимает значительную площадь. Геологоразведочными работами, проведенными Г. Ф. Сыровым и К. Л. Мкртчян, оконтурена залежь с запасами по категориям А+В+С₁ 21 331 тыс. т.

Изучение вещественного состава показало, что в каолинах выход фракции <0,05 в среднем составляет 77,30%, фракции <0,005—40%.

Химический состав каолина-сырца Архангельского месторождения следующей (в %): SiO₂ 63,7; TiO₂ 0,77; Al₂O₃ 22,70; Fe₂O₃ 2,16; п.п.п. 7,39.

Результаты технологических испытаний сырца приводятся в табл. 42.

Г. Ф. Сыров и К. Л. Мкртчян считают, что только светлые различия сырых каолинов ($Fe_2O_3 < 2\%$) пригодны для производства полукислых изделий класса «Б».

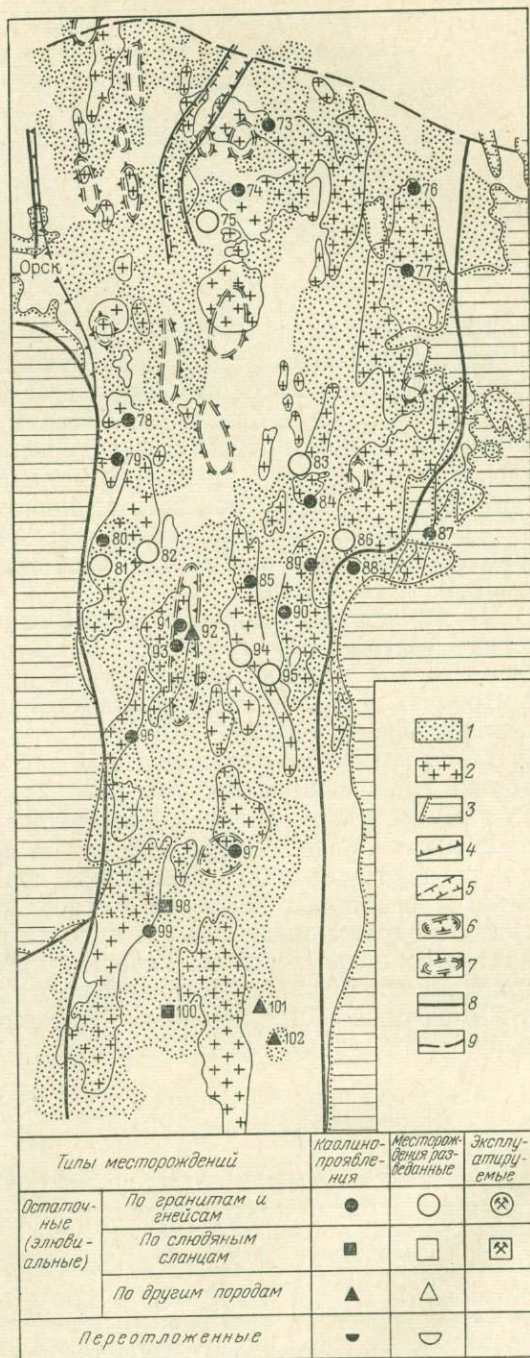


Рис. 37. Мугоджарская каолиноносная субпровинция

1 — площади развития кор выветривания; 2 — интрузии гранитоидов; 3 — области развития мезо-кайнозойских отложений; 4 — мезозойские эрозивно-структурные депрессии; 5 — олигоценные речные долины; 6 — области новейших опусканий; 7 — области новейших поднятий; 8 — границы геоморфологических зон; 9 — границы каолиноносных субпровинций. Месторождения и проявления каолинов: 73 — ж.-д. разезд 220; 74 — Шильдинское; 75 — Теренсайское; 76 — Подольское; 77 — Боецкое; 78 — Можаровское; 79 — Аще-Бутацкое; 80 — Шорбаровское; 81 — Архангельское; 82 — Домбаровское; 83 — Кiemбаевское; 84 — Верхнекнембаевское; 85 — Среднеушкотинское; 86 — Союзное; 87 — Лиманское; 88 — Тик-Бутацкое; 89 — Ушкотинское; 90 — Пшинкольское; 91 — Аралчинское; 92 — Аралчинское I; 93 — Кошенсайское; 94 — Уймшильское; 95 — Кара-Кудукское; 96 — Приорское; 97 — Билькопинское; 98 — Безымянное (шурф № 61); 99 — Акчеко; 100 — Актастинское; 101 — Узакмолла; 102 — Кызыл-Аша

Домбаровское месторождение элювиальных каолинов расположено в 4 км к юго-западу от д. Домбаровки, в 5 км к северо-востоку от с. Архангельского и приурочено к коре выветривания гранитов и гранито-гнейсов Домбаровского массива. Каолины представляют собой относительно выдержанную залежь покровного типа со средней

Таблица 42

Показатели	От — до	Среднее
Пластичность, %	5,0—9,75	7,2
Полное водозатворение, %	19,9—28,05	23,7
Связанность, кг/см ²	2,67—11,65	6,14
Усушка при 110° С, %	3,05—4,63	3,5
Общая усадка при 1350° С	10,60—13,40	
" 1410° С	10,70—13,60	
Огнеупорность, °С	1600—1700	

мощностью каолинов 20 м. По своим физико-химическим свойствам они мало отличаются от каолинов Архангельского месторождения и относятся к разряду высокожелезистых (Fe_2O_3 2,23%). Попытки обогащения домбаровских каолинов не привели к заметному улучшению качества сырья. После обогащения несколько уменьшается содержание щелочей, что связано с удалением примеси флогопита.

В пределах Домбаровского каолиноносного района зарегистрировано несколько каолинопроявлений: Можаровское, Аще-Бутакское, Шорбасовское и др.; они имеют небольшие размеры и характеризуются низким качеством сырья.

Месторождения каолинов Домбаровского района характеризуются высоким содержанием красящих окислов и могут рассматриваться как сырье для изготовления огнеупоров. Перспективы их применения в других отраслях производства, без применения особых методов обогащения, весьма проблематичны.

Верхнеиргизский каолиноносный район занимает значительную территорию, включающую южную часть Домбаровского района Оренбургской области и частично северные районы Актюбинской области. Район расположен в пределах водораздельного пространства рек Иргиз и Ушкота, где широко развита площадная кора выветривания. Все крупные залежи элювиальных каолинов этого района являются продуктами выветривания гранитоидов Адамовского интрузивного комплекса и в целом значительно превосходят по качеству каолины, возникшие за счет выветривания гранитоидов Магнитогорского интрузивного комплекса.

Химический состав каолинов Верхнеиргизского каолиноносного района приведен в табл. 43.

Таблица 43

Месторождение	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.
---------------	------------------	------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----	------------------	-------------------	--------

Обогащенные каолины по гранитоидам Адамовского комплекса

Тасбулакское	47,02	0,79	32,67	0,15	0,30	0,30	0,30	17,4
Ушкотинское	48,01	0,91	32,26	0,34	0,39	2,11	1,99	12,5
Кошensaйское	45,43	0,43	35,98	1,05	0,25	1,80	0,13	13,3
Аралчинское	45,91	0,63	36,67	0,45	0,22	1,52	0,31	13,2

Обогащенные каолины по гранитоидам Магнитогорского комплекса

Домбаровское	46,62	0,27	34,40	1,10	0,57	3,25	0,20	11,9
Верхнекимбаевское	47,98	1,05	32,25	2,07	0,45	3,44	0,13	11,5

В пределах района развиты Союзное, Уймшильское, Кара-Кудукское, Тасбулакское и другие месторождения элювиальных каолинов.

Союзное месторождение элювиальных каолинов расположено в непосредственной близости от ст. Союзная Актюбинской области и приурочено к зоне контакта биотитовых гнейсов с верхнепалеозойской интрузией гранитов. Разведочными работами, проведенными В. В. Пономаревым и др., выявлена крупная залежь светлоокрашенных као-

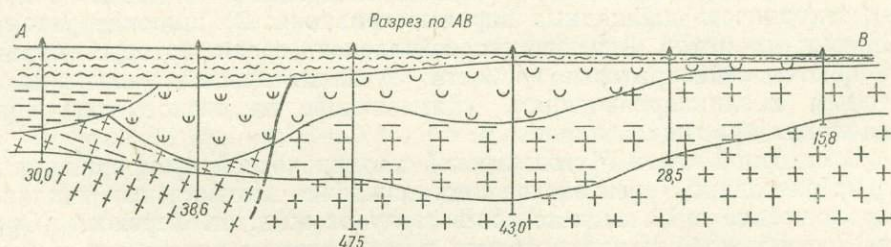
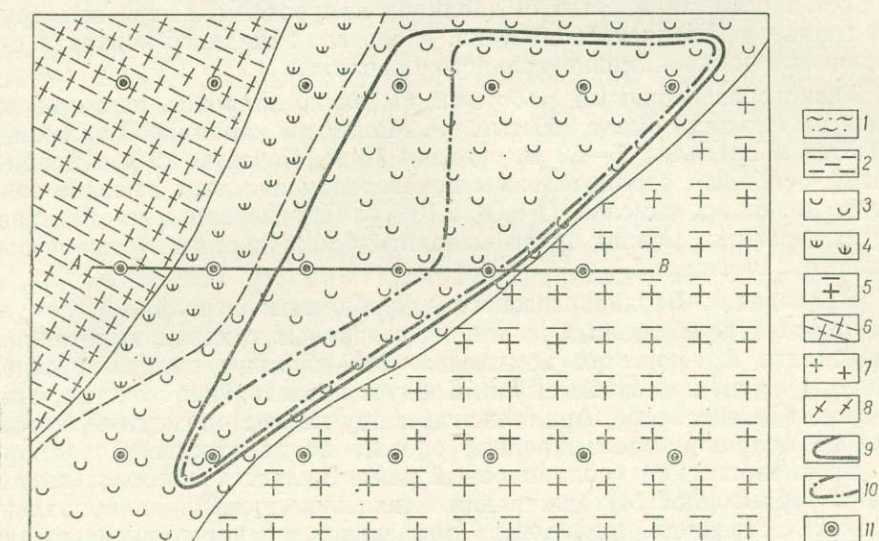


Рис. 38. Геолого-литологическая карта Союзного месторождения каолинов (по материалам В. В. Пономарева)

1 — суглинки четвертичные; 2 — глины; 3 — каолин по гранитам; 4 — каолин по гнейсам; 5 — зона дресвы по гранитам; 6 — зона дресвы по гнейсам; 7 — граниты; 8 — гнейсы; 9 — контуры подсчета запасов каолинов по категории С₁ (I, II, III и IV сорта по ГОСТ 6138—61); 10 — контуры подсчета запасов каолинов по категории С₂ (I и II сорта по ГОСТ 6138—61); 11 — буровые скважины

линов, вытянутая в северо-восточном направлении и имеющая в плане треугольную форму; размеры ее 1600×500 м, средняя мощность каолинов 15,3 м (рис. 38).

Наиболее качественные каолины приурочены к коре выветривания гранитов и характеризуются относительно низким содержанием красящих окислов: Fe₂O₃ 0,74%, TiO₂ 0,45% (среднее из 27 анализов). В гнейсовых каолинах их содержание намного выше: Fe₂O₃ 3,15%, TiO₂ 1,25%.

Поисковыми работами, проводимыми в 1969—1971 гг. В. А. Зотовым и В. А. Лобанчуком, установлена более сложная форма каолиновой залежи. Запасы ее предварительно оцениваются в 36 млн. т. Качество каолинов изучалось в соответствии с требованиями, существующими на обогащенные каолины Просяновского и Глуховецкого месторождений (ГОСТ 6138—61). Результаты испытаний 823 проб дают следующее распределение их по сортам: высший сорт 10,9%; I сорт 27,0%; II сорт 25,6%; III сорт 11,6%; IV сорт 7,7%; некондиционный 17,2%.

Месторождение недостаточно хорошо изучено; имеющиеся анализы позволяют отнести его к категории высококачественных, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к обогащенному каолину при изготовлении тонкой керамики и бумаги. На месторождении следует провести полный цикл разведочных работ.

Уймшильское месторождение расположено в северной части Карабутакского района Актюбинской области, в 40 км южнее ж.-д. ст. Профинтерн. Залежи каолинов приурочены к коре выветривания гранитов Шотинского массива, вдоль его западного контакта с известняками нижнекаменноугольного возраста.

Геологоразведочными работами выявлено широкое развитие каолинов на площади около 300 тыс. м². Мощность каолиновой залежи колеблется в пределах 1—52 м, средняя 16 м. Качество сырья довольно низкое, основным отрицательным показателем является высокое содержание красящих окислов (Fe_2O_3 2,13%). При детализации поисковых работ, вероятно, можно будет выделить блоки каолинов удовлетворительного качества.

В пределах Верхнеиргизского каолиноносного района обнаружен ряд залежей элювиальных каолинов, связанных с корой выветривания гранитоидов Адамовского комплекса. Эти каолины обладают относительно высоким качеством сырья. Следует назвать Тикбутакское, Ушкотинское, Кошенсайское, Аралчинское и другие месторождения, которые пока не получили промышленной оценки, но заслуживают внимания.

Верхнеиргизский каолиноносный район является наиболее перспективной территорией Мугоджар для выявления промышленных залежей высококачественных каолинов, в том числе и микроклинсодержащих (щелочных). Предпосылками являются следующие: 1) довольно хорошая сохранность площадных кор выветривания; 2) широкое развитие калиевых гранитов Адамовского комплекса, среди которых нередко отмечаются лейкократовые разновидности; 3) аналитические данные по некоторым каолинопроявлениям, указывающие на низкое содержание в каолинах красящих окислов.

В северной части Мугоджарской каолиноносной субпровинции детально разведано Теренсайское месторождение элювиальных каолинов, расположенное в 12 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Теренсай (Оренбургская область) и приуроченное в структурном отношении к борту Джарлинского грабен-синклиория. Каолины образованы за счет выветривания гранитов Желмансайского массива и характеризуются очень невыдержанной мощностью, изменяющейся от нескольких метров до 20—30 м. Запасы месторождения составляют 2367 тыс. т (в 1971 г. сняты со Всесоюзного баланса запасов).

Каолины Теренсайского месторождения пригодны в основном в качестве третьесортного наполнителя бумаги; из-за небольших запасов месторождения они не могут быть рекомендованы для дальнейшего изучения.

В пределах Мугоджарской каолиноносной субпровинции известны месторождения и каолинопроявления, которые не представляют промышленного интереса или слабо изучены. Это Киембаевское, Подольское, Лиманское и другие месторождения.

Мугоджарская каолиноносная субпровинция по сравнению с Южноуральской и Среднеуральской субпровинциями изучена слабо. Несмотря на широкое развитие здесь площадных кор выветривания, ни одно из связанных с ними месторождений элювиальных каолинов не эксплуатируется. Задачей ближайших лет является проведение на территории Мугоджарской субпровинции поисковых и разведочных работ с целью доразведки перспективных месторождений и выявления новых перспективных залежей.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗУЧЕНИЯ КАОЛИНОВ УРАЛА

Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция является одной из крупнейших сырьевых баз каолинов СССР. Общие прогнозные запасы каолина-сырца оцениваются в 50 млрд. т из расчета, что из всего объема кор выветривания (500 млрд. м³) промышленное значение могут иметь лишь 5% (при среднем объемном весе каолина 2,0). Несмотря на значительные запасы каолинового сырья Урал и прилегающие экономические районы ощущают острый дефицит в высококачественных обогащенных каолинах, удовлетворяющих требованиям тонкокерамического и бумажного производств. Решение этой проблемы возможно за счет разработки схем обогащения каолинов эксплуатируемых месторождений (удаление красящих окислов) или за счет открытия новых каолиновых залежей, по качеству сырья превосходящих известные.

Перспективы выявления промышленных залежей высококачественных каолинов следует связывать с областями развития кор выветривания микроклиновых гранитов Восточно-Уральского поднятия и в первую очередь их лейкократовых разновидностей. В этом отношении обращает на себя внимание центральная часть Мугоджарской каолиноносной субпровинции (Верхнеиргизский каолиновый район), где наряду с широким развитием микроклиновых гранитов Адамовского комплекса довольно хорошо сохранились площадные коры выветривания. Вероятность открытия здесь крупных промышленных залежей элювиальных каолинов высокого качества наибольшая.

В пределах Южноуральской каолиноносной субпровинции наиболее благоприятными предпосылками выявления залежей высококачественных каолинов характеризуется территория Кочкарского каолиноносного района. Перспективы открытия месторождений высококачественных каолинов в пределах Среднеуральской каолиноносной субпровинции весьма ограничены в связи со слабым развитием кор выветривания по гранитоидам.

Актуальной задачей для Урала и Мугоджар является создание промышленных запасов щелочных каолинов, которые здесь почти не изучены. Первоочередным объектом исследования должны явиться каолины месторождения Журавлиный Лог, которое необходимо переработать. Не исключена возможность открытия залежей щелочных каолинов на Полетаевском, Еленинском, Союзном и других месторождениях элювиальных каолинов. Все каолиновые залежи, связанные с корой выветривания микроклиновых гранитов Восточноуральского поднятия, являются потенциально перспективными на щелочные каолины.

Кроме элювиальных каолинов в пределах Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции широко развиты переотложенные каолины, залегающие среди верхнемеловых и верхнеолигоценых континентальных образований, выполняющих древние эрозионно-структурные депрессии. Этот вид каолинового сырья здесь очень слабо изучен и не получил промышленной оценки. Переотложенные каолины этого типа как по своему качеству, так и по запасам сырья могут представлять промышленный интерес. Основные перспективы выявления промышленных залежей переотложенных каолинов следует связывать с Южноуральской каолиноносной субпровинцией, где эрозионно-структурные депрессии широко развиты и относительно хорошо изучены.

КАЗАХСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Казахская складчатая область расположена между Уральскими, Тянь-Шаньскими и Алтае-Саянскими горными сооружениями и отделяется от них соответственно Тургайской, Илийской и Иртышской впа-

динами. Специфику геологического развития области в геосинклинальный этап определяли жесткие консолидированные выступы допротерозойского фундамента: Кокчетавский, Улутаусский и другие, между которыми в протерозое и палеозое формировались складчатые сооружения, осложненные разрывными нарушениями. Тектонические разломы послужили путями для проникновения разновозрастных и разнообразных по составу интрузивных масс (среди которых значительную роль играли магматические образования среднего и кислого состава), а также способствовали выводу на поверхность их эффузивных аналогов.

Казахская складчатая область характеризуется широким развитием гидротермальных поствулканических процессов, определивших появление гидротермальных каолинов (агальматолитов). Гидротермальные каолины на территории Казахстана изучены слабо. Известны небольшие их залежи в Алма-Атинской, Карагандинской и Джамбулской областях, где они приурочены к массивам вторичных кварцитов.

В целом территория Казахской складчатой области к началу мезозоя представляла часть сложно дислоцированной и разбитой на тектонические блоки эпипалеозойской платформы, на поверхности которой происходило интенсивное выравнивание рельефа.

В раннем мезозое завершилась пенеппенизация каледонских и герцинских горных сооружений и с верхнего триаса по нижний мел на территории Казахстана происходило формирование мощной коры выветривания, к настоящему времени сохранившейся лишь фрагментами. Всего в пределах Казахской складчатой области известно около 100 месторождений и проявлений элювиальных каолинов, генетически связанных с мезозойской корой выветривания. Материнскими породами элювиальных каолинов являлись разнообразные по возрасту и составу гранитоиды, а также осадочные, эффузионно-осадочные и эффузивные породы протерозоя, палеозоя и раннего мезозоя.

Ниже приведены данные частот встречаемости месторождений и проявлений каолина в зависимости от типа материнской породы.

Материнская порода	Встречаемость каолина, %
Гранитоиды	51,5
Осадочные и метаморфические породы	29,0
Осадочно-эффузивные породы	17,0
Эффузивные породы	2,5

Залежи переотложенных каолинов и огнеупорных глин расположены среди юрских, раннемеловых и олигоценовых отложений Тургайского прогиба и Западно-Сибирской низменности, а также в депрессиях и впадинах на поверхности Казахского нагорья. Месторождения и проявления каолинов тяготеют в своем пространственном расположении к северным и северо-западным районам Казахской складчатой области. Объясняется это тем, что формирование Обского койлогена привело в конце раннего мела к общему опусканию прилегающей части пенепплена и консервации кор выветривания под осадками трансгрессивных серий. Южные и восточные области Казахского нагорья, сочленяющиеся с горными системами Тянь-Шаня и Алтая, испытали в неотектонический этап значительное воздымание, в результате чего кора выветривания была почти полностью размыта.

Границы между стабильной северной и подвижной южной частями пенепплена, видимо, протягиваются вдоль Спасской зоны тектонических нарушений, ориентированной в восток-северо-восточном направлении от хр. Чингиз на востоке до Карагандинского синклинория на западе.

Сохранность коры выветривания в северной части Казахстана подчинена определенным закономерностям. Так, внутренние части Казахстана (Целиноградская и Карагандинская области) характеризуются

меньшей сохранностью коры выветривания, что определяет ограниченные запасы имеющихся здесь залежей каолинов и преобладание залежей линейного типа. В районах, граничащих с полем сплошного развития кайнозойских отложений Тургая и Западно-Сибирской низменности (север Кустанайской, Кокчетавской и Павлодарской областей), площадная кора выветривания размыта значительно меньше, в результате чего установлены каолиновые месторождения с запасами свыше 10 млн. т.

Анализ условий залегания месторождений, представляющих по запасам и качеству сырья практический интерес, показывает, что они в основном приурочены к корам выветривания гранитоидов или их эффузивных аналогов. Коры выветривания лейкократовых пород характеризуются наибольшей белочветностью. Каолины, формировавшиеся при выветривании песчаников, сланцев, вулканогенных образований, в некоторых случаях получают оценку как тугоплавкое глинистое сырье, например каолины разрабатываемого Танкерского месторождения.

Локализация месторождений каолина в современном плане определяется тектоническими движениями новейшего этапа, при этом наблюдается полное совпадение молодых и древних структур. Крупные положительные структуры (Кокчетавский и другие выступы), в строении которых большое участие принимают массивы гранитоидов, в центральной части лишены коры выветривания. Месторождения каолина развиты по периферии выступов в зоне их погружения под чехол кайнозойских отложений, т. е. там, где кора выветривания гранитоидов испытала наименьший размыв.

Зоны тектонических нарушений в гранитоидах определяют появление значительных линейных залежей каолина и их сохранность даже в условиях значительного размыва площадной коры выветривания.

При ориентации поисковых и прогнозно-оценочных работ необходимо учитывать геоморфологические критерии. Наибольший интерес при таком подходе представляют те участки древнего пенеплена, которые находились после эпохи каолинообразования в состоянии относительно тектонической стабильности или залегают под маломощным чехлом морских и континентальных осадков. Особое внимание привлекает кора выветривания гранитоидов, залегающих в бортах древних долин и впадин, заполненных мезозойскими и кайнозойскими отложениями. Здесь в условиях относительно пониженного рельефа, под покровом осадочных образований могут сохраниться от размыва довольно мощные фрагменты коры выветривания. Необходимо развить работы по геоморфологическому картированию Казахстана и на этой основе прогнозировать распространенность коры выветривания с приуроченными к ней месторождениями полезных ископаемых.

Кора выветривания явилась источником каолинового материала при формировании разновозрастных месторождений переотложенных каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин.

В геологическом разрезе мезозойских и палеогеновых отложений Казахстана можно выделить четыре продуктивных горизонта: 1) нижнеюрский угленосный; 2) ниже-верхнемеловой бокситоносный; 3) палеоцен-эоценовый бокситоносный; 4) верхнеолигоценый угленосный.

Первый пользуется спорадическим распространением, так как формировался в угленосных мульдах (Кушмурунской, Карагандинской и др.). Глины огнеупорные и тугоплавкие, угленосные, могут представлять интерес как сырье для производства строительной керамики и огнеупоров. В Казахстане разведаны два месторождения глин юрского возраста.

Глины второго горизонта образуют вместе с бокситами три группы месторождений. Две из них — Верхнетобольская и Кушмурунская — расположены на севере Тургайского прогиба на склонах Кустанайского

вала, третья — Примугоджарская — находится на юго-западе Тургайского прогиба. Глины образуют залежи в подошве и кровле бокситовых тел, площадь их распространения определяется величиной карстовых и эрозионно-карстовых понижений рельефа.

По составу и свойствам эти глины представляют собой высококачественное сырье для изготовления огнеупорных изделий, не исключается возможность использования отдельных сортов глин для производства строительной и технической керамики. Запасы утверждены лишь по Краснооктябрьскому месторождению (46,5 млн. т по категориям $A+B+C_1$). Континентальные образования нижнего и верхнего мела с проявлением белых глин широко распространены в Северном Приуралье, вдоль юго-западного палеозойского выступа Центрального Казахстана и в предгорье хр. Каратау.

К третьему продуктивному горизонту отнесены глины Амангельдинской и Акмолинской групп бокситовых месторождений, расположенных в восточном обрамлении Тургайского прогиба. По условиям залегания и качеству они сходны с глинами мелового возраста. Амангельдинская группа месторождений имеет суммарные запасы глин по категориям $A+B+C_1$ 93,5 млн. т. Глины представляют собой ценное огнеупорное сырье. По возрасту им близки светло-серые и белые кварцевые каолинистые пески и глины северо-зайсанской свиты (K_2-P_1) в Зайсанской впадине (Жана-Даурское месторождение тугоплавких глин).

Четвертый продуктивный горизонт представляет наибольший интерес с точки зрения выявления значительных запасов высококачественных тонкодисперсных спекающихся глин, которые можно использовать как огнеупорный материал и в керамическом производстве. Кроме многочисленных месторождений и проявлений светло-серых глин существенно каолинитового состава, к рассматриваемой формации относятся месторождения перемытого каолина (Валентиновское). Они расположены непосредственно вдоль западной, северной и восточной границ развития палеозоя Казахской складчатой области, а также в кайнозойских отложениях, выполняющих долины и впадины палеозойского основания. Наибольшее распространение каолинопроявлений характерно для окраинных зон Кокчетавской глыбы. В небольшом объеме предварительные оценочные работы проводились на Яблоновском, Андреевском, Сухоробовском, Куропаткинском, Азатском, Костыркольском, Грачевском I и II, Воскресенском и Биландинском проявлениях, которые на небольшую глубину изучены редкими скважинами ручного бурения. В большей степени изучено Елтайское месторождение. Детально разведано весьма крупное и уникальное по качеству сырья Алексеевское месторождение элювиальных каолинов, геологоразведочные работы на котором окончены (рис. 39).

Запасы Алексеевского месторождения каолинов по категориям $B+C_1$ на 1/1 1970 г. составляют 99% от разведанных запасов элювиальных каолинов Казахстана и 15% от запасов СССР. По общим разведанным запасам Алексеевское месторождение стоит на втором месте в Советском Союзе (после Просяновского на Украине), а по содержанию высоких сортов — на первом.

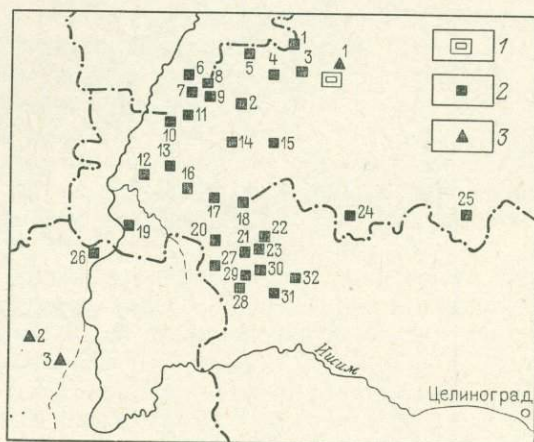
Алексеевское месторождение расположено между поселками Васильковка и Бирлестик, в 27 км к северо-западу от г. Кокчетав. Исходными породами в строении месторождения являются в основном плагиограниты и кварцевые диориты второй фазы крыккудукского интрузивного комплекса ($\gamma\delta_2O_3$). Плагиограниты — породы преимущественно лейкократовые, их состав: плагиоклаз (андезин и андезин-олигоклаз) 55—65%, кварц 20—35%, калиевый полевой шпат до 5%, биотит 5—10%. В кварцевых диоритах содержание биотита и роговой обманки повышается до 10—25%.

Постмагматические изменения привели к различной степени замещения биотита хлоритом (пеннинном), плагиоклазов серицитом (мусковитом) и альбитом. Местами плагиограниты и кварцевые диориты вдоль тектонических зон подверглись калишпатизации (свыше 20% микроклина).

Кора выветривания в районе месторождения образует почти сплошной покров и имеет изменчивую мощность, различный состав и окраску. Максимальная мощность элювия установлена на площади $4,5 \times 1,5$ км (залежи Основная, 1—4). Здесь мощность изменяется от 20 до 80 м. За пределами этой площади мощность редко превышает 15 м. Профиль коры выветривания состоит из трех зон: 1) нижняя, сильнотрещинова-

Рис. 39. Обзорная карта размещения месторождений и проявления элювиальных каолинов в Северном Казахстане

1 — Алексеевское месторождение элювиальных каолинов; 2 — проявления элювиальных каолинов (1 — Юбилейное; 2 — Комаровское; 3 — Елтайское; 4 — Карасевское; 5 — Бушкинское; 6 — Чапаевское; 7 — Сары-Узенское; 8 — Сулукульское; 9 — Коскульское; 10 — Грачевское 1; 11 — Грачевское II; 12 — Чернобаевское; 13 — Андреевское; 14 — Орловское; 15 — Белое; 16 — Константиновское; 17 — Кууспекское; 18 — Якшиянгиштау; 19 — Шептыкульское; 20 — Мищенское; 21 — Максимовское; 22 — Батрымское; 23 — Каховское; 24 — Обломковское; 25 — Яблоновское; 26 — Павловское; 27 — Барактайское; 28 — Рыбинское; 29 — Макеевское; 30 — Спасское; 31 — Полтавское; 32 — Красная Поляна); 3 — месторождения и проявления вторичных каолинов и огнеупорных глин (1 — Валентиновское; 2 — Вильямс-Ушаково; 3 — Каракольское)



тых материнских пород (дресва); 2) промежуточная, частичной каолинизации; 3) верхняя, пестроокрашенных и белых каолинов.

Первые две зоны развиты почти повсеместно, третья зона, с которой связаны залежи кондиционных каолинов, имеет небольшую площадь распространения в относительно пониженных участках рельефа.

Со стратиграфическим несогласием на мезозойской коре выветривания залегают континентальные осадки среднего — верхнего олигоцена, представленные мелкозернистыми, иногда разномерными кварцевыми песками разных оттенков. Они встречаются в виде маломощных разоб-щенных линз.

На палеогеновых отложениях и породах древней коры выветривания с размывом залегают неогеновые вязкие и комковатые глины слин-зами разномерных кварцевых песков (1,6—1,7 м). Мощность этих глин от 0,1 до 16,7 м. Четвертичные отложения (от 0,4 до 12,8 м) пред-ставлены буроватыми суглинками. Они карбонатизированы и содержат редкие мелкие кристаллы гипса.

В районе месторождения поисковые работы проведены на площади 150 км^2 . Здесь выявлено 17 каолиновых залежей, из которых наиболь-ший промышленный интерес представляет залежь Основная. В ее со-ставе сосредоточены все разведанные по категориям В+С₁ запасы као-лина. Значительные запасы сосредоточены также в залежах № 3, 8 и 9. Запасы остальных залежей невелики и самостоятельного промышлен-ного интереса не представляют (рис. 40).

Залежь Основная находится в западной части опосредованной пло-щадью и вытянута в северо-восточном направлении. Детально разведан-ная площадь Основной залежи составляет 124,3 га. В плане кондици-онные каолины образуют неправильное пластово-линзовидное тело.

Остальные залежи имеют линзовидную, реже пластообразную форму и значительно меньшие размеры.

В составе Основной залежи преобладают каолины, возникшие за счет выветривания плагиигранитов и кварцевых диоритов. Менее раз-

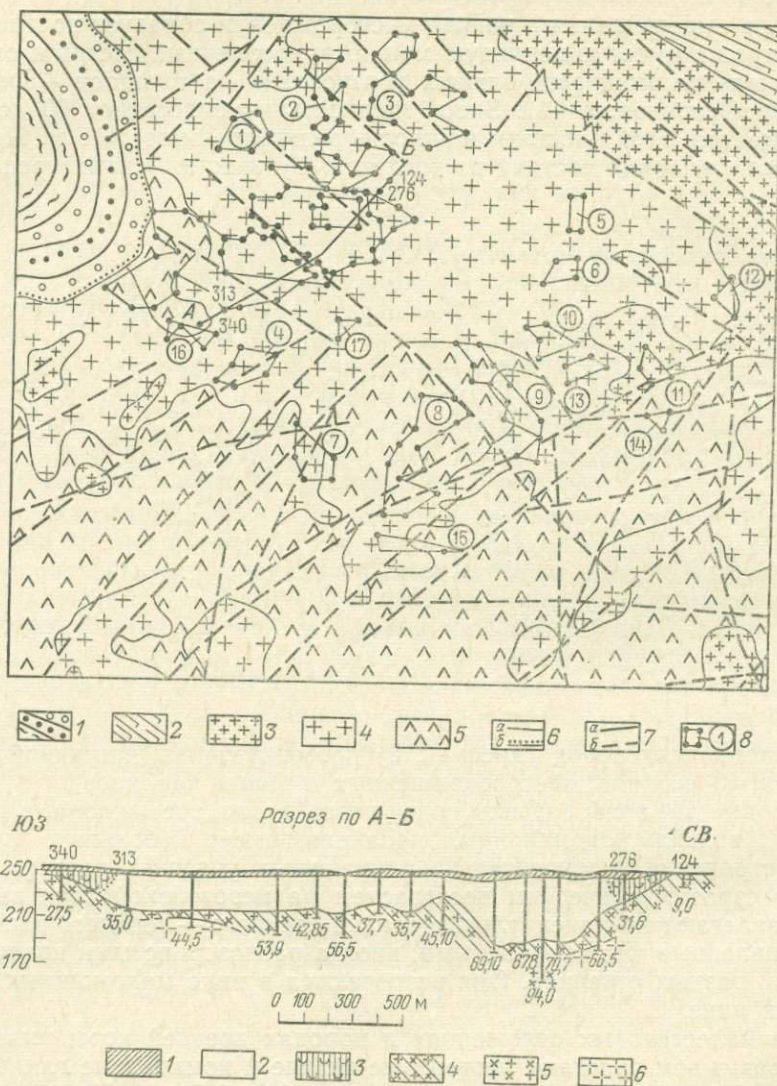


Рис. 40. Схема геологического строения фундамента Алексеевского месторождения
 К карте: 1 — конгломераты, песчаники, аргиллиты, алевролиты среднего — верхнего девона (D_{2-3}); 2 — кварцито-песчаники, порфириды, порфириты, углито-глинистые филлитовидные сланцы, известняки, доломиты верхнего протерозоя (PR_{2ak}); 3 — микро-среднезернистые верхнеордовикские граниты (третья фаза крыккудукского комплекса γ_2O_3); 4 — плагииграниты, кварцевые диориты. Граниты второй фазы крыккудукского интрузивного комплекса ($\gamma-\gamma_2O_3$); 5 — диориты, кварцосодержащие диориты первой фазы крыккудукского комплекса (δO_3); 6 — геологические границы (а — согласно залегания и интрузивные; б — несогласного залегания); 7 — разрывные нарушения (установленные и предполагаемые); 8 — контур и номер каолиновой залежи. К разрезу: 1 — суглинок бурый, глина зеленовато-серая, серовато-желтая, красновато-бурая, пески серые, светло-желтые, мелкозернистые глинистые ($Q-N_{1-2}$); 2 — каолин белый, снежно-белый с линзами серого, светло-желтого и коричневого (*el* MZ); 3 — каолин желтый, охристожелтый, сильно ожелезненный, гекондиционный (*el* MZ); 4 — продукты неполного выветривания, темно-серые, бурые, ожелезненные, дресва глинистая (*el* MZ); 5 — плагииграниты, кварцевые диориты, граниты ($\gamma-\gamma_2O_3$); 6 — калишпатизированные плагииграниты (γ_2O_3)

виты каолины, исходными породами которых послужили мезократовые диориты. Особенно широко развиты каолины по диоритам на западном фланге залежи. Подобная разность каолинов встречается спорадически, видимо, на месте ксенолитов и имеет мощность 1—5, иногда 20 м. Для

них характерно низкое содержание кварца (20—25%) при содержании глинистой фракции до 70—80%.

Каолины Основной залежи имеют преимущественно белый цвет, часто с кремовым, розовым, желтым и другими оттенками, иногда густо окрашены в бурые тона. Окрашенные участки имеют форму гнезд, пятен, полос неправильной формы и разнообразных размеров (от 1 мм до нескольких метров). Ожелезнение приурочено в основном к верхней и нижней частям профиля выветривания, к зонам тектонических нарушений и проявляется особенно значительно в тех случаях, когда исходными породами являлись меланократовые разности. Многообразие факторов обуславливает неравномерное, лишенное четкой закономерности распределение ожелезненных разностей каолина.

Каолин-сырец Основной залежи — умеренно пластичная и мало-пластичная глинистая порода (число пластичности 3,8—10,4), малочувствительная к сушке (коэффициент чувствительности 0,18—0,38), неспекающаяся. Полное водосодержание каолина-сырца 19,5—25,4%, воздушная усадка 2,3—5,8%; огневая усадка при 1400°С 3,8—6,5%; водопоглощение образцов, обожженных при 1400°С 11,6—20,1%; огнеупорность 1700—1730°С; механическая прочность образцов на изгиб после обжига при 1250°С 80—130 кг/см². По огнеупорности сырой каолин (согласно ГОСТ 9169—59) можно рассматривать как огнеупорное полукислое сырье.

Высококачественные каолины развиты в центральной части Основной залежи, на площади подсчета запасов по категории В и оконтуривающих ее площадях категории С₁. В северной части залежи каолинов содержатся 30,4%, в центральной 68,7%.

Другие залежи содержат высококачественных каолинов меньше, но они составляют более половины разведанных запасов. Отдельные блоки с повышенным содержанием полевых шпатов не выделены.

Каолин-сырец может быть использован только в огнеупорной промышленности для производства полукислых шамотных изделий. Выход песчаной части (фракция >0,06 мм), состоящей в основном из зерен кварца, составляет в среднем 47,6%. Средний гранулометрический состав песчаной части следующий (в %): +5 мм 11; +2,5 мм 23,6; +1,2 мм 16,0; +0,6 мм 20,5; +0,3 мм 13,1; +0,15 мм 8,4; +0,06 мм 6,1; —0,06 мм 1,2.

Отходы обогащения каолина по гранулометрическому составу приближаются к крупным и среднезернистым строительным пескам и, видимо, могут использоваться как наполнитель бетона, в строительстве, а также для производства стекла. Содержание фракции 0,5—0,1 мм составляет 20%, т. е. 1/5 часть отходов приходится на пески, пригодные для стекольной промышленности.

Химический состав кварцевых песков следующий (в %): SiO₂ 84—99,8 (средний 95); TiO₂ 0,0—0,7 (средний 0,14); CaO 0,0—1,4 (0,3); K₂O 0,06—1,3 (средний 0,2); SO₃ 0,0—0,17 (средний 0,03); Al₂O₃ 0,5—9,3 (средний 2,5); Fe₂O₃ 0,0—1,3 (средний 0,2); MgO 0,0—0,53 (средний 0,11); Na₂O 0,02—0,4 (средний 0,07); п.п.п. 0,1—5,5 (средний 0,9).

Обогащенный каолин, согласно данным термического, рентгеноструктурного, электронно-микроскопического, люминесцентно-микроскопического анализов, а также данным электронных микрофотографий образцов глин и иммерсионных препаратов в основном состоит из каолинита с примесью гидрослюд (5—20%, иногда 40%). В качестве примеси иногда присутствуют тонкодисперсный кварц (3—5%, реже 10—20%) и изредка бёмит. В нижней части каолиновой зоны наблюдается (до 10%) монтмориллонит.

Выход обогащенного каолина, по данным лабораторных испытаний, составляет 48—60% (средний 55,0%); в отдельных пробах его содержание увеличивается до 97,8% или уменьшается до 3,3%. Каолины

с содержанием глинистой фракции 48—60% получили наибольшее распространение в пределах разведанных залежей. Химический состав обогащенного каолина следующий (в %): SiO_2 45—57 (средний 47,11); $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 36—42 (средний 37,98); TiO_2 0,4—0,8 (средний 0,58); Fe_2O_3 0,2—1,5 (средний 0,51); CaO 0,1—0,3 (средний 0,38); MgO средний 0,37; Na_2O 0,5—2,0 (средний 0,08); K_2O средний 1,28; SO_3 средний 0,03; п.п. средний 12,10; кварца 3,5—6,0 (средний 4,45).

В соответствии с требованиями ГОСТов каолин Алексеевского месторождения разделен на четыре группы (табл. 44).

Т а б л и ц а 44

Показатели	Высший (а, б)**, I, (в, г, д, е, ж) и II (е, ж) сорта	Высший, (б), I (а, б) и II (д) сорта	I (б, в), II (а), III и IV (д) сорта	II (в) и III (а) сорта
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ в прокаленном веществе, %, не менее	—	—	39	36
TiO_2 в сухом веществе, %, не более	0,8	1,0	1,4	—
Fe_2O_3 в сухом веществе, %, не более	0,5	0,8	1,3	—
Fe_2O_3 в прокаленном веществе, %	—	—	1,5	2,0
CaO в сухом веществе, %, не более	0,8	0,8	0,8	—
SO_3 в сухом веществе, %, не более	0,3	0,3	0,4	—
Огнеупорность, °С, не менее	—	—	1750*	1730*
Белизна сухого вещества, %, не менее	90	88	85	75

* Только для огнеупоров.

** Промышленности: а — бумажная, б — парфюмерная, в — огнеупорная, г — резинотехническая, д — тонкокерамическая, е — кабельная, ж — производство ультрамарина.

На площади детальной разведки Основной залежи (категории В+С₁) наиболее распространены высококачественные каолины первой и второй групп (68,0%). Процент выхода каолинов первых двух групп на площади подсчета запасов по категории С₂ уменьшается, здесь преобладают каолины первой и второй групп (56%).

Распределение каолинов по качественным показателям в вертикальном разрезе Алексеевского месторождения изменчивое. В горизонтальном направлении качество каолинов не всегда выдержано, резкие изменения его наблюдаются на расстоянии 50—100 м (рис. 41). Колебания качества каолинов в горизонтальном и вертикальном направлениях зависят от состава материнских пород, при выветривании которых они образовались, степени каолинизации и последующих изменений. Содержание окиси железа является основным лимитирующим показателем отнесения разновидностей обогащенного каолина к группам сырья. Закономерное распределение окиси железа в каолинах не наблюдается. На месторождении преобладают (75%) каолины с низким содержанием Fe_2O_3 (до 0,8%), в том числе 48% с содержанием до 0,5%.

В каолинах наблюдаются три вида ожелезнения: 1) Fe_2O_3 , входящая в кристаллическую решетку гидрослюд, образовавшихся по биотиту; 2) гидроокислы железа, удерживаемые тонкодисперсной слюдой (серицитом) как сорбентом; 3) гидроокислы железа, находящиеся на частичках каолинита в виде налетов.

Химическими анализами установлена прямая зависимость содержания гидроокислов железа от содержаний гидрослюд. Содержание

щелочей в каолинах (среднее 2%) также определяется содержанием слюдястых минералов.

В обогащенном каолине частиц <0,001 мм в среднем содержится 45%; 0,005—0,001 мм 35%; 0,02—0,5 мм 13,5—15%. Остальные 10—15% приходятся на фракции >0,02 мм. Частиц > 0,005 мм 14,5—29,1%; <0,005 мм 70,9—86,3%.

Механическая прочность на изгиб образцов алексеевских каолинов, высушенных при 110° С, изменяется в широких пределах — от 0 до 200 кг/см². Наиболее часто (54%) встречаются пробы с механической прочностью типа просяновского каолина (10—24 кг/см²); материал типа кыштымского каолина (25—39 кг/см²) и пробы с более высокой (40—

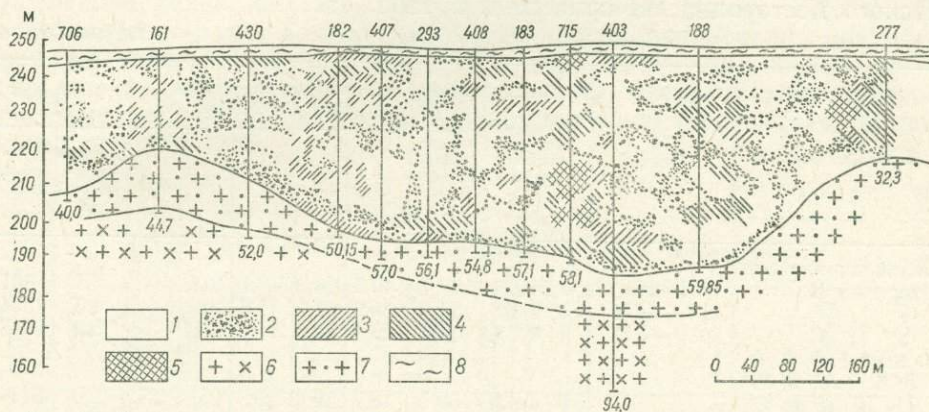


Рис. 41. Качественный профиль Основной залежи Алексеевского месторождения

1 — каолин первой группы $Fe_2O_3 < 0,5$, $TiO_2 < 1,0\%$; 2 — каолин второй группы $Fe_2O_3 = 0,5—0,8$, $TiO_2 < 1,0\%$; 3 — каолин третьей группы $Fe_2O_3 = 0,8—1,3$, $TiO_2 < 1,4\%$; 4 — каолин четвертой группы $Fe_2O_3 = 1,3—2,0\%$; 5 — каолин некондиционный $Fe_2O_3 > 2,0\%$; 6 — гранитоиды крыккудукского интрузивного комплекса; 7 — продукты неполного выветривания и дресва гранитоидов; 8 — четвертичные бурые суглинки

80 кг/см²) механической прочностью занимают подчиненное положение соответственно (27 и 15%); проб типа глуховецкого каолина (до 10 кг/см²) всего 5%. Из приведенных данных видно, что основная масса алексеевских каолинов по всем показателям механической прочности ближе стоит к просяновским каолинам.

Для алексеевских каолинов наибольшая механическая прочность образцов на изгиб в абсолютно сухом состоянии отвечает максимально высокому содержанию катионам железа и титана и щелочноземельных оксидов, однако не обнаружена зависимость этого показателя от количества тонкодисперсных фракций. Механическая прочность на изгиб обожженных образцов выше, чем у просяновских каолинов. Это свойство можно объяснить повышенным содержанием щелочей, содействующих образованию прочного черепка. Спекание алексеевского каолина (до водопоглощения менее 2%) наступает при 1400° С.

Определение белизны, проведенное фотометром Освальда, показывает, что более 90% алексеевских каолинов относятся к высшему (белизна не менее 90%) и I (белизна не менее 88%) сортам. Только 10% каолинов относятся ко II (белизна не менее 85%) и III (белизна не менее 75%) сортам.

Каолин Основной залежи после обогащения отвечает требованиям ГОСТ 6138—61 для бумажной, тонкокерамической, фарфорово-фаянсовой, электрокерамической, резиновой, кабельной, радиотехнической и других отраслей промышленности. Это подтверждают лабораторные и полупромышленные испытания обогатимости сырья и опробование обогащенного каолина в производстве изделий. Более 90% каолинов удовлетворяют требованиям для высшего и I сортов бумажной промышлен-

ности, 68% — для I и II сортов тонкокерамической промышленности (Fe_2O_3 соответственно 0,5 и 0,8%).

Институтом Уралмеханобр разработана, а НИИстройкерамики проверена в полупромышленных условиях схема обогащения каолинов мокрым способом с применением спиральных классификаторов, гидроциклонов и центрифуг при полном исключении из процесса пептизирующих реагентов (жидкое стекло и сода). Эта схема позволяет получить фракционированный каолин со значительно меньшей примесью песчаных включений, чем это дает обогащение на Просяновском, Глуховецком и Кыштымском действующих комбинатах. Извлечение каолина, пригодного для бумажной и керамической промышленности, составило 54,59%.

Данные о балансовых запасах каолинов Основной залежи Алексеевского месторождения приведены в табл. 45.

Таблица 45

Категория запасов	№ блока	Запасы каолина-сырца, тыс. т	Средний выход обогащенного каолина, %	Соотношение запасов каолина по группам, %					Вскрыша	
				1	2	3	4	НК	средняя мощность, м	объем, тыс. м ³
Основная залежь										
Итого по В	I—III	12 566,4	52,4	40,5	28,2	10,1	21,2	—	3,1	431,8
" " C ₁	IV—XIII	52 278,6	55,9	35,9	31,2	11,6	21,3	—	4,3	4574,9
" " C ₂	XIV—XIX	44 806,8	57,5	23,4	32,6	14,6	29,4	—	5,3	6948,4
Залежи 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15 по C ₂		67 394,8	60,1	18,7	30,8	22,2	25,9	2,4	2,9	6434,8
Итого по месторождению (В+C ₁ +C ₂)		177 046,6								
Забалансовые запасы										
Залежи 5, 13, 14, 16, 17 по C ₂		2 858,2	58,4	6,5	18,2	37,1	32,4	5,8	4,2	615,6

НА — некондиционные.

Алексеевское месторождение после строительства комбината сможет обеспечить потребности предприятий бумажной, керамической, фарфоровой и других отраслей промышленности в районах Урала, Сибири, Казахстана, Средней Азии и Дальнего Востока. При этом будет получена значительная экономия благодаря сокращению затрат на транспортировку сырья.

Запасы Основной залежи без дополнительных затрат смогут быть увеличены за счет вовлечения в эксплуатацию «бескварцевых» каолинов, возникших при выветривании диоритов, удовлетворяющих требованиям к сырью для керамической и бумажной отраслей промышленности. Только на площади разведки категорий В+C₁ запасы таких каолинов составляют 3,8 млн. т. Запасы каолинов могут быть удвоены за счет перехода их из категории C₂ в промышленные как по Основной, так и по другим залежам.

Ожелезненные каолины (Fe_2O_3 более 2%) пользуются на месторождении широким распространением.

Возможности увеличения запасов за счет выявления и разведки новых крупных залежей в непосредственной близости от Алексеевского месторождения имеются. Восточнее залежи № 3 поиски проведены в недостаточных объемах, однако здесь могут быть обнаружены новые залежи средней величины (5—10 млн. т).

Кроме Алексеевского месторождения, на территории Северного Казахстана развит целый ряд месторождений и проявлений элювиальных

и переотложенных каолинов. В профиле выветривания ряда каолино-проявлений присутствует четко выраженная зона щелочных каолинов.

Юбилейное каолин-полевошпатовое проявление (более 2 км²) расположено в 50 км северо-западнее Алексеевского месторождения. Кора выветривания развита на мигматитах восточного экзоконтакта Орлиногорского гранитоидного интрузива. В профиле коры выветривания условно выделены три зоны: 1) каолинизированной дресвы (5—7 м); 2) щелочных каолинов (15—20 м); 3) собственно каолинов (5—20 м). Для первых двух зон характерен следующий минеральный состав: кварц, микроклин, каолинит и слюда. Выход глинистой составляющей изменяется от 7 до 40%. Ее характерной особенностью является низкая величина потерь при прокаливании (8,5—9,5%), высокое содержание окиси железа (1,5—2%) и щелочей. Сумма K₂O+Na₂O в среднем составляет 3—4% при резком преобладании калия над натрием. Это свидетельствует о наличии в глинистой фракции полевых шпатов и слюд. В результате обогащения песчаного остатка получен полевошпатовый концентрат, в основном удовлетворяющий требованиям тонкой керамики (табл. 46).

Таблица 46

№ скважины	Мощность объемных проб, мм	Выход песчаной части при обогащении отмучиванием, %	В песчаном остатке, %			Выход продуктов при обогащении		В концентрате, %				
			K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	полевошпатовый концентрат	кварцевый концентрат	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	K ₂ O : Na ₂ O
64	13,0	72	4,92	0,27	0,40	16,2	45,1	11,7	0,54	0,2	12,24	21
64	5,6	78	5,09	0,24	0,55	14,2	32,7	21,43	0,51	0,25	11,94	22,4
65	21,1	59	1,48	0,09	0,46	5,3	67,6	2,2	0,13	0,56	2,33	17
67	6,2	66	3,08	0,20	0,77	11,1	59,5	10,77	0,6	0,17	11,37	17
67	10,1	70	4,29	0,24	0,60	12,3	54,5	12,16	0,67	0,12	12,73	18
10	32,0	73	4,83	0,23	0,58	18,7	21,5	14,15	0,65	0,16	15,8	21
10	18,1	70	4,83	0,19	0,65	15,5	38,6	13,8	0,55	0,06	14,35	25
46	32	60	4,71	0,17	0,82	13,10	43,2	12,2	0,63	0,15	12,83	19,3

Зона собственно каолинов распространена неповсеместно. Содержание кварца в каолине-сырце 65—70%. Выход глинистой фракции составляет 30—35%. Содержание окиси железа в глинистой составляющей колеблется от 0,6 до 1%, реже 1,5—2%. Продуктивную толщу Юбилейного участка можно рассматривать как перспективное кварц-микроклинное сырье. Мощность вскрыши 7—17 м, средняя 10 м. Проявление изучено предварительно и заслуживает более детальной оценки.

Елтайское проявление (более 2 км²) расположено в 15 км к северо-западу от Алексеевского месторождения. В непосредственной близости от зоны тектонических нарушений скважинами вскрыта каолиновая кора выветривания крупнозернистых порфиридных биотитовых гранитов.

В профиле коры выветривания отмечаются (снизу вверх) две зоны: 1) каолинизированной дресвы (вскрытая мощность 1—2 м); 2) щелочного каолина (20—30 м). Средняя мощность вскрышных пород 7 м. Зона щелочного каолина является полезной толщей, представляющей собой породу белого и светло-серого цвета, в состав которой кроме кварца входит полевой шпат, легко растирающийся пальцами, и гидратированный биотит.

Качественные показатели глинистой составляющей (фракция < 0,056 мм) и отходов обогащения — песчаной части (фракция > 0,056 мм) приведены в табл. 47.

Показатели	Глинистая часть			Песчаная часть		
	от	до	среднее	от	до	среднее
Выход, %	28,2	69,4	50,4	30,6	71,0	50,8
Al ₂ O ₃ , %	25,3	37,2	35	—	—	—
Fe ₂ O ₃ , %	0,3	2,1	0,6	0,07	0,75	0,2
TiO ₂ , %	0,02	1,4	0,65	—	—	—
K ₂ O, %	1,5	6,10	3,10	0,68	7,84	6,40
Na ₂ O, %	0,1	0,6	0,3	0,06	0,84	0,20
П.п.п.	7,5	13,2	11,8	—	—	—
K ₂ O : Na ₂ O	—	—	—	6,7	35	24,6
Белизна, %	17	92	89	—	—	—

Глинистая часть состоит в основном из каолинита, песчаная представлена кварцем (50—87%), полевым шпатом (15—60%) и слюдой (знаки — 10%). Обогащение песчаной части может резко улучшить качество кварц-полевошпатового концентрата. Элювиальный каолин Елтайского проявления заслуживает внимания как кварц-микроклин-каолиновое сырье.

Среди проявлений элювиальных каолинов нужно упомянуть Яблоновское (I, II и III участки). Кора выветривания гранитов мощностью до 10 м развита на площади 33 га. Ориентировочно запасы составляют около 20 млн. м³. Яблоновское проявление является перспективным.

Наиболее значительным месторождением переотложенных каолинов Северного Казахстана является Валентиновское, расположенное севернее г. Кокчетаева, в 7 км западнее ст. Азат. Площадь распространения каолинов приурочена к пониженной части рельефа, вытянутой с юга на север на 15 км, шириной 0,5—2,0 км, напоминающей древнюю речную долину. Продуктивная толща месторождения связана с отложениями среднего олигоцена (наурзумской свитой). Каолины в виде залежей линзовидной формы залегают среди песчано-глинистых образований и включают в себя прослойки полуокислых и кислых глин и линзы кварцевого песка. Наблюдается резкое выклинивание каолина на близком расстоянии и невыдержанность по мощности. Во вскрыше расположены пески чаграйской свиты, песчано-глинистые отложения неогена и четвертичные суглинки общей мощностью от 1,6 до 19,5 м (средняя 10,16 м).

В пределах месторождения выявлено 11 обособленных залежей площадью 19,6—1201,6 тыс. м². В плане залежи имеют неправильную форму и вытянуты в меридиональном направлении. Мощность каолинов изменяется от 1,0 до 17,7 м (средняя 5,1 м). Промышленный интерес представляет залежь № 3, запасы высокоосновного и основного каолина которой составляют 14,3 млн. т, из них 8,5 млн. т представлено каолином, который в изделиях не дает мушки.

Переотложенный каолин представляет собой светло-серую с зеленоватым оттенком тонкодисперсную глинистую породу. По содержанию Al₂O₃+TiO₂ выделяются следующие группы сырья: 1) высокоосновные (ВО), более 40%; 2) основные (ОС), 30—40%; 3) полуокислые (ПК), 15—30%; 4) кислые (К), менее 15%. Химический состав различных групп сырья приведен в табл. 48, механический анализ — в табл. 49, физико-механические свойства — в табл. 50.

Механическая прочность каолина в сухом состоянии изменяется от 3,3 до 42,7 кг/см², в обожженном при 1250°С — 300—450 кг/см². Про-

Таблица 48

Группа сырья по ГОСТ 9169-59	На высушенное вещество, %										На прокаленное вещество, %	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	П.п.п.	глинозем + двуокись титана	окислы железа
Высокоосновные (ВО)	42,36—50,3	30,32 38,95	1,09 2,29	0,87 2,14	Слѣды 0,66	0,12 0,55	0,33 1,58	0,13 0,39	0,0 0,1	10,91 14,60	40,11 48,04	1,06 2,50
Основные (ОС)	47,38—60,61	24,82 34,81	0,79 2,44	0,87 2,34	0,07 0,67	0,04 1,11	0,27 1,85	0,10 0,38	Не обн. 0,10	8,10 12,38	30,2 40,0	0,96 2,73
Полукислые (ПК)	59,72—78,79	12,8 25,79	1,02 3,05	0,6 1,65	0,11 0,45	0,14 0,70	0,40 1,18	0,12 0,24	0,03 0,05	4,13 9,40	15,75 29,6	0,63 1,80
Кислые (К)	81,25	11,06	2,16	0,51	0,17	0,16	0,21	0,09	—	3,85	13,75	0,53

Таблица 49

Тип глины	Полный остаток на сите, %						Остаток на сите 0056
	+2 мм	+1 мм	+0,5 мм	+0,25 мм	+0,056 мм	-0,056 мм	
ВО	0,0—0,9	0,0—0,4	0,0—1,1	0,0—8,4	0,1—31,9	68,0 99,9	Остатки на сите по группам сырья однотипны Они состоят в основном из кварца, в небольшом количестве присутствуют лимонит, слюда, окислы, марганец, карбонаты, турмалин и другие темноцветные минералы
ОС	0,0—3,2	0,0—1,7	0,0—8,7	0,0—11,9	0,0—22,4	78,3 100,0	
ПК	0,0—11,2	0,1—2,3	0,1—5,5	0,1—26,3	0,1—46,4	55,2 99,5	
К	2,3	6,0	2,6	2,9	2,0	84,2	

цент белого цвета в сухом и обожженном виде каолинов по большинству проб составляет 75—85%.

Снижает качество каолинов наличие красящих веществ: окиси железа (в прокаленном состоянии) до 2,73% и двуокиси титана в сырье до 3,05%, а также наличие мушки на обожженных образцах.

По данным Института огнеупоров, валентиновский каолин рекомендуется применять в огнеупорной промышленности. Высокоосновные и основные каолины с низким и средним содержанием красящих окислов могут найти применение в тонкой керамике и бумажной промышленности; по заключению ВНИЭК, они могут также применяться в электроизоляторных массах.

Запасы вторичного каолина составляют по категории С₂ 29 992 т. Валентиновское месторождение может служить сырьевой базой каолиновой промышленности.

Территорию Казахстана можно подразделить на две площади, наиболее благоприятные для проведения более детальных прогнозных и поисковых работ на элювиальные и переотложенные каолины.

Первая перспективная площадь расположена на западной, северной и восточной окраинах Казахской складчатой области в зоне по-

Группа сырья по ГОСТ 5299-59	Содержание фракции, %			Пластичность по методу Васильева	Огнеупорность, С°	Водопоглоще- ние черепка	Усадка черепка, обожженного при 1250° С	Обожженный образец
	0,01—0,005 мм	0,005—0,001 мм	менее 0,001 мм					
ВО	1,4—23,68	2,12—47,8	44,16—92,96	14,8—30,3	1770—1780	0,1—11,1	1,4—21,6	Светло-кремовый, бе- лый с легким кремовым оттенком, белый с жел- тым оттенком, кремовый, на отдельных образцах мушка и редкие ради- альные трещины
ОС	0,9—39,3	19,0—45,0	29,6—66,0	10,5—30,4	1700—1750	0,3—12,7	7,0—24,0	Светло-кремовый, бе- лый с легким кремовым оттенком, на отдельных образцах мушка и ред- кие радиальные трещи- ны
ПК	2,04—29,2	7,72—37,1	18,56—48,12	8,2—20,9	1650—1710	5,6—17,8	0,2—14,9	Кремовый, белый с кремовым оттенком, на отдельных образцах ча- стая или единичная муш- ка и редкие радиальные трещины
К	—	—	—	—	—	16,0	4,7	Черепок белый с лег- ким кремовым оттенком

гружения под мезозойский осадочный покров и в районе Кустанайского вала. На северном склоне Кокчетавского выступа развит крупный каолиноносный бассейн, в пределах которого установлены многочисленные, но слабо обследованные проявления и месторождения белых каолинов (и щелочных). Здесь расположено крупное Алексеевское месторождение элювиальных каолинов. Перспективны также внутренние впадины, заполненные мезо-кайнозойскими отложениями (Тенизская, Карагандинская и др.).

Вторая перспективная площадь составляет часть относительно опущенного северного склона Балхашской впадины с обширными выходами гранитоидов и сохранившимися от размывов фрагментами коры выветривания.

Остальная территория Казахской складчатой области малоперспективна из-за недостаточной изученности каолиноносности. Плохо изучены площади распространения меловых континентальных отложений юга Тургайской впадины и Северного Приаралья. Лишена перспектив центральная, наиболее гипсометрически приподнятая часть Казахского нагорья, а также южная часть Казахской складчатой области, граничащая с горными системами Тянь-Шаня и Алтая. Только в Зайсанской впадине известны каолинсодержащие отложения.

Можно приближенно оценить общие прогнозные запасы элювиальных каолинов Казахской складчатой области, в пределах которой коры выветривания развиты на площади около 300 тыс. км². Только на 2% этой площади предполагается присутствие промышленных каолинов. Объясняется это тем, что в пределах современного контура распространения коры выветривания Казахстана гранитоиды занимают меньшую площадь, чем, например, на Украинском щите. Кроме того, здесь гораздо сильнее проявлены эрозионные процессы. При средней минимальной мощности каолинов 10 м и объемном весе 1,9 запасы их приблизительно равны 120 млрд. т.

СРЕДНЕАЗИАТСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Промышленный потенциал и природные ресурсы Средней Азии кооперированы в составе Среднеазиатского укрупненного экономического района, который является одним из наиболее интенсивно развивающихся в нашей стране. Потребление обогащенного каолина в связи со строительством новых керамических и химических комбинатов возрастает здесь быстрыми темпами. За 1965 г. промышленность Средней Азии освоила всего 7 тыс. т обогащенного каолина, в 1980 г. (в Узбекской ССР) его планируется переработать 135 тыс. т. На территории Среднеазиатского экономического района детально разведано и зачислено на баланс Ангренское месторождение. На месторождении в ходе зачистки уступов угольного карьера отрабатываются большие массивы каолинов (переотложенных), незначительная часть которых используется Ташкентским комбинатом стройматериалов и Ангренским керамическим комбинатом. Переотложенные каолины имеют невысокое качество, ввиду чего не находят применения при изготовлении ответственных керамических изделий. За счет Ангренских каолинов и изделий из него промышленность республик Средней Азии удовлетворяет менее 2% своих потребностей. Поэтому предприятия Средней Азии вынуждены привозить обогащенный каолин с Украины (Просьяновское месторождение) и Урала (Еленинское месторождение), причем средняя стоимость транспортировки 1 т составляет около 7 р. В 1970 г. в Узбекскую ССР было завезено 62,8 тыс. т обогащенного каолина на сумму 1,6 млн. р. К 1980 г. эти показатели возрастут соответственно до 123 тыс. т и 3,2 млн. р.

Вопрос о создании в Средней Азии централизованной базы по добыче и переработке каолинового сырья, удовлетворяющего требованиям тонкокерамического, бумажного и других видов производства, остается для Средней Азии весьма актуальным.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Территория Средней Азии по геоморфологическим признакам, согласующимся с особенностями геологического развития, может быть подразделена на северную и южную зоны. Северная зона представлена в основном аккумуляционными и в меньшей степени денудационными равнинами Средней Азии, граничащими с подобными равнинами Северного Закаспия, Приаралья и Южного Казахстана. На площади равнин присутствуют изолированные невысокие возвышения, с которыми связаны выходы на поверхность палеозойских и нижнемезозойских пород. В направлении на юг и юго-восток наблюдается общее повышение гипсометрического уровня поверхности равнин, переходящих в горные системы с преобладанием среднегорного (Копетдаг) и высокогорного (Памир, Тянь-Шань и их отроги) рельефа.

Южная зона, включающая все горные районы Средней Азии, возникла на месте мезозойских и кайнозойских геосинклинальных прогибов (Копетдаг, Памир) или формировалась при новейших блоковых поднятиях домезозойских складчатых структур, предварительно подвергшихся длительной денудации (Тянь-Шань, Алтай).

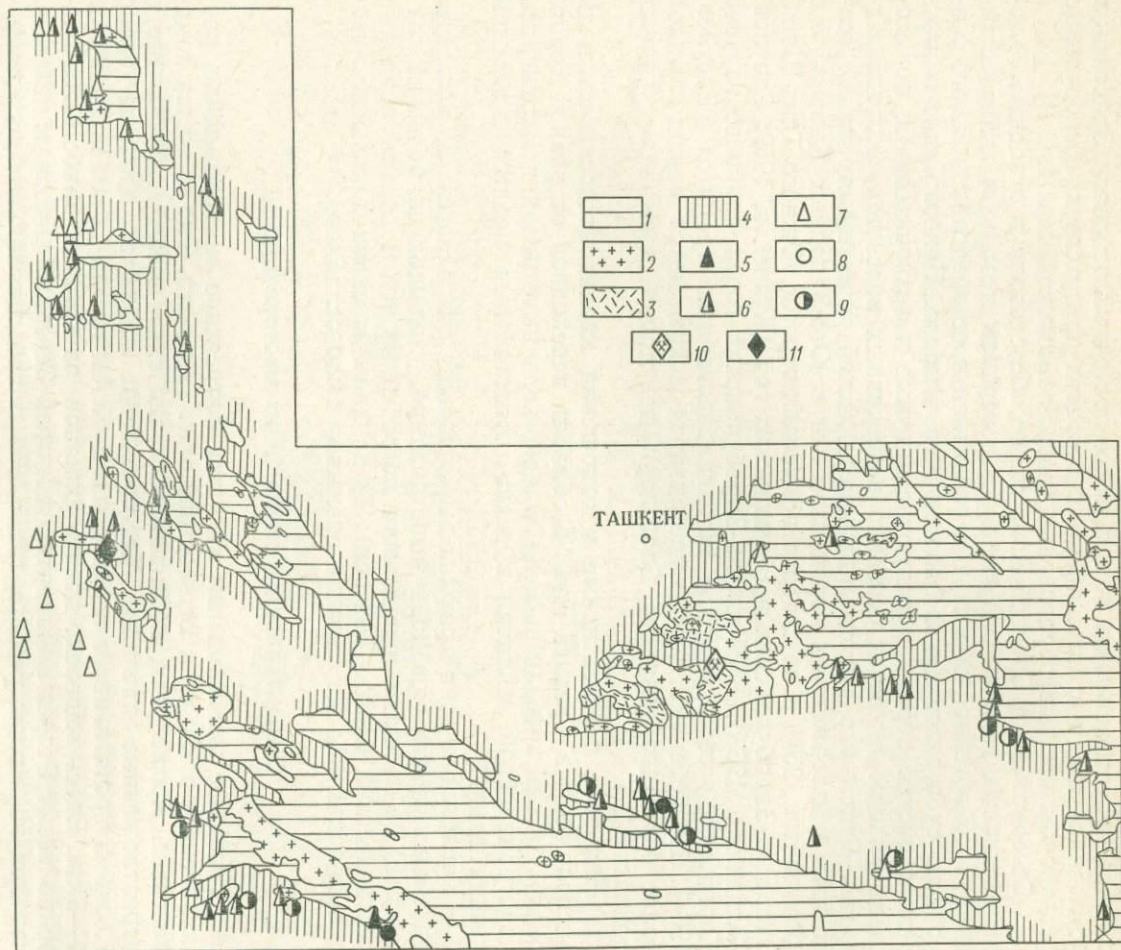
Молодые складчатые области (Копетдаг, Памир) являются перспективными в отношении каолинов, так как эта территория развивалась в мезозое и кайнозое как типичная геосинклинальная область и не испытала процессов пенеппенизации и глубокого химического выветривания с образованием мощного каолинового элювия.

Более перспективны поверхности древнего выветривания домезозойских складчатых структур, следы которых установлены как в северной, так и в южной геоморфологических зонах Средней Азии. Как считает большинство исследователей, в конце триаса большая часть территории Средней Азии была достаточно сnivelирована и представляла собой слабохолмистую равнину. Поверхность выравнивания была фиксирована регионально развитым элювиальным покровом преимущественно сиаллитного типа (рис. 42), возраст которого одни исследователи определяют как поздний триас — ранний лейас (А. И. Перельман, 1955 г.; Петров, 1968; Коннов, 1964), другие — досреднетриасовый. В Кызылкумах развитие процессов выветривания продолжалось до верхнемеловой эпохи (Рахимова, 1959).

Как отмечают Г. С. Ганешин и С. Е. Эпштейн, в горных областях южной зоны, сложенных домезозойскими породами, реликты древних поверхностей выравнивания высоко подняты и лишены элювия, который сохранился от размывов лишь в пределах тектонически опущенных блоков под покровом более молодых осадков. Примером является Ангренское месторождение каолинов, а также другие проявления каолинового выветривания в бортах Ферганской впадины, на склонах возвышенностей Чаткало-Кураминской горной области и отрогов Гиссарского хребта. Возможно обнаружение реликтов древнего элювиального покрова в бортах Нарынской, Чатыркульской и других впадин. Поверхности выравнивания с более или менее уцелевшими от размыва корами выветривания часто перекрыты юрскими угленосными отложениями, содержащими залежи переотложенных каолинов и огнеупорных глин, например каолинсодержащие пески Иссык-Кульской впадины, глины нижнеюрской угленосной толщи Ферганской впадины (Кызыл-Кийское, Куvasайское месторождения), переотложенные каолины угленосной

Рис. 42. Обзорная карта каолиноносности
Узбекской ССР (с учетом материалов
А. В. Курбатова и Л. И. Чубарова)

1 — осадочные и вулканогенно-осадочные образования палеозоя; 2 — гранитоиды; 3 — кислые эффузивы; 4 — область распространения кор выветривания под покровом мезозойских и кайнозойских отложений. Установленное присутствие каолиновой коры выветривания: 5 — в поверхностном залегании; 6 — под маломощной кровлей; 7 — в глубоких скважинах. Установленное присутствие глинистых продуктов переотложения каолиновых кор выветривания: 8 — выходящих на поверхность; 9 — залегающих под осадочным покровом. 10 — Ангренское месторождение; 11 — Карнабское месторождение



толщи Ангрена. Меловые и палеогеновые осадки являются преимущественно красноцветными, хотя в более восточных районах (Зайсанская котловина) среди отложений этого возраста присутствуют белочетные песчано-каолиновые образования северо-зайсанской свиты.

Северная зона Средней Азии менее обследована в отношении каолиноносности, так как она являлась в верхнем мезозое и кайнозое типичной койлогенной областью с развитием в ее пределах мощного осадочного субгоризонтально залегающего покрова. Палеозойские и нижнемезозойские породы образуют единичные и незначительные по площади выходы в местах особенно интенсивных новейших сводных поднятий. Отдельные выходы нижнемезозойской коры выветривания осадочных и изверженных пород известны в Юго-Западных Кызылкумах (Рахимова, 1959) и на склонах невысоких отрогов Южного Тянь-Шаня, Зиаэтин-Зирабулакских и Нуратинских гор (Кузнецов, 1959; Расулов, Юлдашева, 1967). В Зиаэтин-Зирабулакских горах наиболее изучено Карнабское месторождение каолинизированных гранитов (Расулов, 1964). Погребенные коры выветривания вскрываются из-под осадков более молодого возраста благодаря денудации новейших сводовых поднятий.

Наиболее перспективные в отношении каолиноносности площади расположены в Средней Азии в области, переходной от равнин койлогена к горным хребтам орогена. Однако коры выветривания сохранились на ограниченной площади и редко представлены полным профилем выветривания.

Каолиновая зона профиля выветривания сохраняется: 1) в составе линейных фрагментов коры выветривания, уходящих на большую глубину; 2) на площади опущенных и погребенных под молодыми осадками тектонических блоков (Ангрен); 3) на дальних склонах новейших сводовых поднятий, где влияние размывов было ослаблено.

Характеристика главнейших месторождений

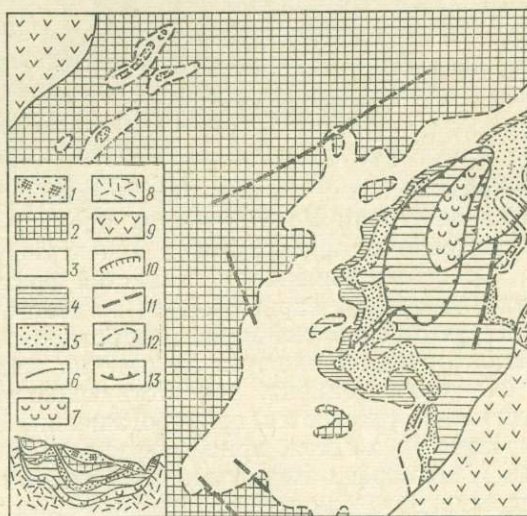
Наиболее значительным является Ангренское месторождение, расположенное в 120 км к юго-востоку от г. Ташкента. Оно является комплексным. Кроме угля, промышленное значение имеют элювиальные и переотложенные каолины. Месторождение занимает площадь около 70 км² и протягивается вдоль долины р. Ангрена на 12 км при ширине 4—8 км. Здесь выделено девять участков, из которых наибольшее значение имеют Разрез I, Аппартак и Ангрена Северный. Каолины детально изучены на первом участке, где с 1957 г. проводится планомерное изучение, подсчет запасов и промышленная оценка переотложенных и элювиальных каолинов. На других участках проведена лишь оценка каолинов по категориям $C_1 + C_2$ или подсчитаны геологические запасы.

Мезозойские и кайнозойские отложения, слагающие полезную толщу месторождения и вскрышу, заполняют тектоническую впадину (грабен) северо-восточного простирания, ограниченную с северо-востока и запада блоками палеозойских пород (предгорья Кураминского и Качальского хребтов). План и разрез месторождения наглядно отражают основные черты его строения (рис. 43). Продуктивная толща песчано-глинистых каолиновых пород и углей юрского возраста суммарной мощностью 130—180 м залегают на каолиновой коре выветривания эффузивных пород палеозоя и по литологическим признакам расчленена на две свиты — нижнюю угленосную и верхнюю каолиновую. Выше каолиновой свиты располагаются слои меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных осадочных пород общей мощностью от 20 до 200 м. Все перечисленные осадочные образования слагают пологую Ангренскую синклиналь, погружающуюся в юго-западном направлении и осложненную дополнительной складчатостью.

Элювиальные каолины детально разведаны только на участке Разрез I, где они вскрыты при разработке нижнего уступа угольного карьера. Детальными исследованиями, проведенными Н. П. Петровым и Н. В. Рубановым (1960), З. К. Рабковой (1963) и другими исследователями, установлено, что элювиальные каолины слагают верхнюю зону коры выветривания палеозойских эффузивных пород, среди которых преобладают кварцевые и кварцево-анортоклазовые порфиры, порфириты и порфириновые туфы присутствуют в небольших количествах. По В. И. Уткину, поверхность коры выветривания эродирована руслами древних водотоков, которые выполнены отложениями подугольной свиты. В результате эрозионных процессов на отдельных участках на-

Рис. 43. Геологическая карта и разрез Ангренского месторождения (по материалам З. К. Рабковой)

1 — четвертичные образования; 2 — неогеновые отложения; 3 — палеогеновые отложения; 4 — меловые отложения; юрские отложения; 5 — каолиновая свита; 6 — угли и каолины; 7 — кора выветривания; 8 — кварцевые порфиры; 9 — порфириты и порфиритоиды. Тектонические нарушения: 10 — крупные; 11 — мелкие; 12 — контакты свит; 13 — уступы карьера



блюдается отсутствие верхней наиболее продуктивной части профиля выветривания. Площади, незначительно затронутые размывом, образуют участки неправильной конфигурации, размеры которых достигают 2 км² и более. Промышленный интерес представляют лишь каолины, развитые по кислым эффузивам. Каолины в зоне частично каолинизированных порфиров на глубине постепенно сменяются малоизмененными эффузивными породами.

Мощность коры выветривания изменяется от 10 до 108 м и, видимо, зависит от степени тектонической нарушенности палеозойского фундамента (Петров, Абдуллаходжаев, 1971). В среднем мощность коры выветривания равна 15—20 м. Средний химический состав отдельных зон профиля выветривания (в %) приведен в табл. 51.

В коре выветривания от нижней зоны к верхней увеличивается содержание Al_2O_3 , Fe_2O_3 и потери при прокаливании, одновременно уменьшается содержание SiO_2 и щелочей. Некоторое увеличение концентраций Fe_2O_3 и SO_3 в верхней зоне профиля выветривания объясняется присутствием новообразованного пирита и сидерита, образовавшихся под влиянием вод и газов угольного пласта. Из табл. 51 видно, что полное отделение кварца от каолинита происходит при обогащении с помощью центрифуг; одновременно удаляются пирит и сидерит, а также наиболее крупные и железистые чешуйки глинистых минералов. В более тонких фракциях, в связи с полным удалением кварца, увеличиваются относительные содержания глинозема, окиси железа, щелочей и потерь при прокаливании. Белизна каолинового концентрата 80—90%.

Таблица 51

Компоненты	Зоны			
	каолини- товая*	гидро- слюдисто- каолини- товая**	Гидро- слюдисто- полево- шпатовая**	Слабо- измененных пород**
SiO ₂	61,57	66,32	66,82	70,96
TiO ₂	0,49	0,40	0,42	Сл.
Al ₂ O ₃	22,30	18,43	17,40	15,01
Fe ₂ O ₃	4,16	3,70	3,88	3,00
CaO	0,29	0,44	0,38	0,57
MgO	0,27	0,12	0,20	0,75
Na ₂ O+K ₂ O	0,56	0,99	5,87	7,52
SO ₃	0,32	0,22	0,12	0,19
П.п.л.	9,15	7,64	6,08	0,68

* По З. К. Рабковой (1963).

** По Н. П. Петрову, А. А. Абдуллаходжаеву (1971).

Оптимальной схемой обогащения ангрениских каолинов признана схема института Уралмеханобр, предусматривающая последовательное использование гидроциклонов и центрифуг.

Основным минералом глинистой фракции каолинов является каолинит, с которым в варьирующих, но всегда подчиненных количествах ассоциируют пылеватый кварц, гидротированная слюда мусковитового ряда, пигментирующие окисные соединения железа и титана.

Сидерит и пирит, присутствующие в природных каолинах, почти полностью удаляются при обогащении. Как отмечает З. К. Рабкова, примерно $\frac{2}{3}$ железа, присутствующего в каолинах (0,3—0,4% из 1,1—1,3%), изоморфно входят в состав глинистых минералов и не оказывают существенного влияния на белизну сухого каолина.

Количество слюдистого компонента в обогащенном продукте должно быть пропорционально содержанию K₂O. Учитывая, что в ряде проб содержание K₂O поднимается до 3,5%, можно считать слюду наряду с кварцем ведущим из второстепенных минералов обогащенного каолина. Присутствие калиевой слюды сказывается на керамических свойствах обогащенных элювиальных каолинов, определяя лучшую спекаемость и снижая водопоглощение и белизну черепка. Недостаточная изученность глинистой составляющей ангрениских каолинов не позволяет рассмотреть изменения физико-химических и керамических свойств обогащенного каолина в связи с вариациями минерального состава.

В большей части проб обогащенного элювиального каолина содержание железа не бывает менее 1% (может быть понижено до 0,75% обработкой кислотами). Из-за присутствия в обогащенном каолине 0,3—0,4% двуокиси титана (в соответствии с ГОСТ 6338—61) нельзя признать его по качеству превосходящим II сорт керамических каолинов Просяновского месторождения. Из общего количества запасов элювиальных каолинов 76% составляют разности, содержащие менее 1% Fe₂O₃ в обогащенном продукте.

Технологические испытания каолиновых концентратов показали возможность их применения в производстве высоковольтной электрокерамики, шамотных огнеупоров класса А, типографской бумаги и картона, облицовочных плиток, низкосортного хозяйственного фарфора-фаянса.

Кондиции для подсчета запасов элювиальных каолинов участка Разрез I утверждены в следующем виде: 1) минимальный выход каолинового концентрата не менее 25% при содержании глинозема не менее

30% и окиси железа не более 2,5%; 2) минимальная промышленная мощность каолинов 2 м; 3) максимальный коэффициент вскрыши 1; 4) в контуре подсчета блоков, в которых каолиновый концентрат содержит окиси железа менее 1,25%.

Переотложенные каолины детально изучены на участках Разрез I и Аппартак, где они слагают каолиновую (джигаристанскую) свиту. Мощность свиты изменяется от 0 до 10 м. В составе свиты выделяют пачку пестроцветных каолинов (вверху) мощностью 30—60 м (средняя 20 м) и пачку серых каолинов (внизу) мощностью 20—45 м (средняя 30 м). Мощность покровных отложений в связи со сложным складчатым строением мезозойской толщи и неравномерным эрозионным срезом изменяется от 20 до 350 м.

В составе пачек серых и пестроцветных каолинов содержатся глины (43 и 47%), алевролиты (27 и 9%) и песчаники (30 и 17%). Содержание глинозема колеблется от 7 до 33% (среднее 24%), кремнезема от 19 до 84% (среднее 60%); содержание Fe_2O_3 не превышает 2,1% в сероцветных и 5,4% в пестроцветных каолинах (среднее 1,72 и 3,79%), K_2O и Na_2O 1,5—3%.

Минеральный состав переотложенных каолинов преимущественно кварц-каолининовый; в виде второстепенной примеси, заметно влияющей на свойства каолинов, присутствуют гидратированные слюды мусковитового ряда, минералы окиси и гидроокиси железа и двуокиси титана, сидерит и пирит.

Переотложенные каолины имеют, по данным К. К. Кветковской, В. Ф. Павлова и др., следующий средний химический состав (в %): SiO_2 67,92; TiO_2 0,37; Al_2O_3 20,7; Fe_2O_3 1,14; CaO 0,33; Mg 0,67; SO_3 0,62; K_2O 0,81; п.п.п. 7,98, свободного кварца в них в среднем 46,6%.

Гранулометрический состав переотложенных каолинов по фракциям следующий (в %): $>0,5$ мм 1,28; $0,5-0,25$ мм 0,83; $0,25-0,05$ мм 6,62; $0,05-0,01$ мм 24,54; $0,01-0,005$ мм 18,63; $<0,001$ мм 39,79.

Переотложенные каолины представляют собой умереннопластичный, огнеупорный (1700°С), неспекающийся материал.

Приведенные в ползаводских условиях опытные работы по обогащению каолинов и переработке концентратов на глиноземе подтвердили принципиальную возможность получения путем классификации на гидроциклонах и центрифугах каолиновых концентратов, удовлетворяющих требованиям алюминиевой промышленности (32—34% Al_2O_3 при влажности 75%). Установлена также возможность извлечения 82—85% глинозема способом спекания каолиновых концентратов с известняком. Выделяемый при этом шлам (8 т на 1 т глинозема) может быть использован для получения портландцементов марок 500—700.

Эти результаты могут служить исходными для технико-экономического обоснования проектных работ. Полученный путем тонкого обогащения сырых переотложенных каолинов концентрат по результатам ползаводских испытаний может быть использован для производства хозяйственного фарфора, строительной и облицовочной керамики, канализационных труб, огнеупорных шамотных изделий и серноокислого алюминия.

Подсчет запасов переотложенных каолинов произведен в соответствии с кондициями, согласно которым содержание Al_2O_3 по скважине в серых каолинах равно 18%, в пестроцветных каолинах 22% при максимально допустимых содержаниях Fe_2O_3 7%.

На участке Углеразрез I запасы элювиальных и переотложенных каолинов подсчитаны по категориям $A+B+C_1$ и подготовлены к освоению. Переотложенные каолины участка Аппартак оценены только по категориям C_1 и C_2 . Для их оценки по категориям А и В необходимо проведение дополнительных разведочных и опробовательских работ.

Наиболее качественные каолины (элювиальные) не добываются, хотя при согласованном решении этого вопроса заинтересованными ведомствами можно довести годовую добычу их до 1,5 млн. т.

Запасы каолинов в контуре открытой разработки угля на участках Углеразрез I, Ангрэн-Северный и Аппартак приведены в табл. 52.

Таблица 52

Участок, тип и разновидность каолина	Разведочные запасы по состоянию на 1/1 1971 г., по категориям, млн. т	
	A+B+C ₁	C ₂
Углеразрез I		
элювиальный	51,2	33,0
переотложенный		
сероцветный	212,1	—
пестроцветный	215,7	—
Итого	479,0	33,0
Аппартак		
переотложенный		
сероцветный	33,2	91,1
пестроцветный	—	165,7
Итого	33,2	256,8
Ангрэн-Северный		
переотложенный		
сероцветный	—	94,5
пестроцветный	—	68,6
Итого	—	163,2
Всего по месторождению	512,2	452,9

Наиболее значительным потребителем каолина является Ангрэнский керамический комбинат, имеющий обогатительную установку. Остальные предприятия используют каолин в необогащенном виде.

К 1975 г. добыча каолина при вскрышных работах достигнет 17 млн. т, однако реализовано будет около 1 млн. т. Более емкое потребление каолинов может быть обеспечено в случае ввода в строй опытного глиноземного завода по производству сернокислого алюминия. Очередным этапом изучения Ангрэнского месторождения, особенно на участке Углеразрез I, является выделение блоков, содержащих наиболее ценные разности каолинов, пригодных после обогащения к применению в бумажной, радиотехнической, фарфоро-фаянсовой промышленности и для производства силумина.

Остальные каолиновые месторождения Средней Азии значительно уступают Ангрэнскому по запасам каолина. Изучены они слабо. Больше всего сведений имеется о месторождении Карнаб, расположенном в 30 км к западу от ст. Зиаэтдин.

Каолинизации подверглась часть Карнабского гранитного массива, контактирующая с мраморовидными известняками. Каолинизированные граниты прослежены полосой на протяжении 5—6 км при ширине 15—20 м. Установленная глубина каолинизации до 50 м. Максимальное проникновение каолинизации на глубину отмечается в милонитизированных участках, по системам трещин, вдоль оловорудных жил.

В составе месторождения выделены два участка: Западный и Восточный (рис. 44). На Западном участке каолинизированные граниты протягиваются на 600 м полосой 60—80 м при средней мощности 30 м.

По А. К. Кузовлевой и П. И. Игнатенкову (1968), карнабские каолинизированные граниты содержат в промышленных концентрациях три основных компонента (каолин, кварц и калиевый полевой шпат), которые могут быть по описанной авторами схеме обогащения выделены в виде отдельных фракций.

Вещественный состав карнабских каолинизированных гранитов следующий (в %): SiO_2 71,25; TiO_2 0,20; Al_2O_3 15,71; Fe_2O_3 0,95; CaO 1,54; MnO 0,05; MgO 0,50; K_2O 3,89; Na_2O 0,23; SO_3 0,36; п.п.п. 6,20; кварца 46,0; каолинита 20,2; полевых шпатов 21,2; биотита, мусковита и

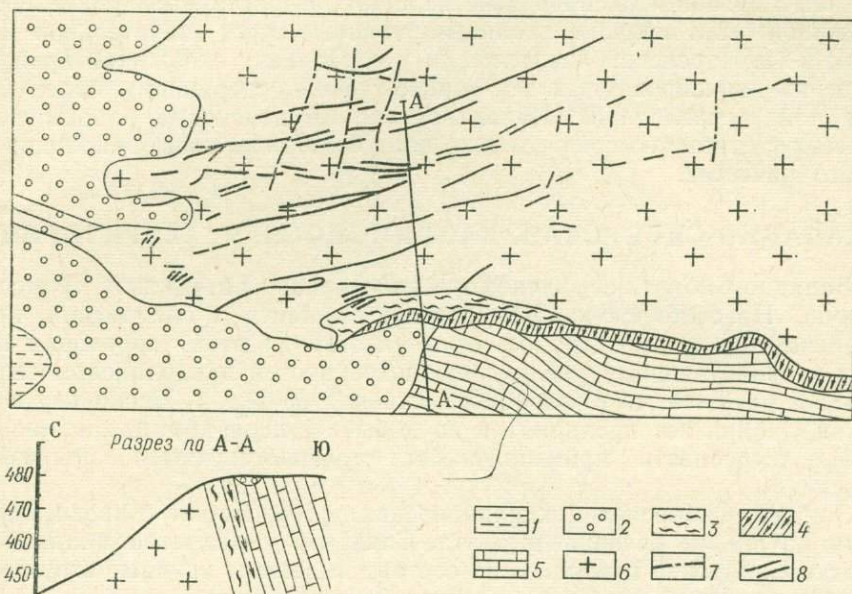


Рис. 44. Геологическое строение Западного участка Карнабского месторождения каолинизированных гранитов (по материалам В. С. Бадаева, П. А. Гафурджанова и Б. Ф. Меркель)

1 — глины ($\text{K}_{1+2}\text{al}-\text{cm}$); 2 — конгломераты и гравелиты (K_1al); 3 — каолинизированные граниты; 4 — мylonиты; 5 — известняки мраморизованные, грубослоистые; 6 — граниты биотитовые; 7 — тектонические нарушения; 8 — кварцевые жилы

серицита 8,0; хлорита 1,2; кальцита 2,0; гидроокислов 1,0; рутила 0,2.

Результаты обогащения карнабских каолинизированных гранитов приведены в табл. 53.

Таблица 53

Результаты обогащения карнабских каолинизированных гранитов (в %)

Продукт обогащения	Выход, %	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	Na_2O	П.п.п.
Каолин	23,80	34,44	0,98	0,16	2,08	0,24	12,0
Полевой шпат . .	21,36	—	0,48	0,10	11,02	0,89	Не опр.
Кварц	27,15	—	0,23	0,05	Не опр.	—	" "

Предварительно подсчитанные запасы Карнабского месторождения составляют около 2,3 млн. т.

Для создания сырьевой базы каолинов Среднеазиатского экономического района целесообразно: 1) разработать и осуществить проект эксплуатации и обогащения ангренских каолинов с целью получения

в достаточных количествах каолиновых концентратов удовлетворительного качества для комплексного использования; 2) провести поисковые и разведочные работы, направленные на выявление промышленных залежей каолинов, не уступающих по качеству ангренским элювиальным.

Геологические предпосылки свидетельствуют о том, что крупные залежи элювиальных каолинов могут располагаться в зоне перехода от койлогена к орогену, в первую очередь в предгорьях и долинах Чаткало-Кураминской горной области.

Присутствие мощного каолинового элювия установлено, по В. А. Захаричеву, в предгорных районах Ташкентской области. В синклинали Азатбаш под породами мелового возраста на глубине 300 м скважиной были вскрыты каолинизированные туфы значительной мощности; в Самсарекской антиклинали у с. Паркент скважиной пройдено 140 м каолинизированных порфирито-туфов, содержащих более 50% глинистой составляющей. Целенаправленные поисковые работы могут привести к открытию сравнительно неглубоко залегающих каолинов хорошего качества.

ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Западно-Сибирский экономический район объединяет Томскую, Омскую, Новосибирскую, Кемеровскую области и Алтайский край. В перспективе промышленное строительство на этой территории приведет к значительному увеличению потребностей в каолиновом сырье. В 1970 г. потребность в каолинах составила 80 тыс. т. Поскольку в Западной Сибири нет предприятий по добыче и переработке каолинового сырья, потребности промышленности удовлетворяются привозным сырьем.

Западно-Сибирская каолиноносная территория представлена двумя крупными регионами: Алтае-Саянской складчатой областью и Западно-Сибирской плитой. В их составе выделены крупные структуры, имеющие сложную историю геологического развития.

На всей территории присутствуют отложения различного возраста: от докембрия до четвертичных включительно. Горные области сложены породами палеозоя и докембрия, которые выходят на поверхность или перекрыты маломощным чехлом рыхлых осадков. На низменности вдоль обрамления горной части вскрываются кайнозойские и частично мезозойские осадки.

В пределах Алтае-Саянской области широкое распространение получил чехол рыхлых отложений, представленный маломощным элювиальным покровом и продуктами его переотложения (Ивания и Сухарина, 1967). Исключение представляют южные и восточные районы, тяготеющие к центральным частям горных сооружений, где продукты выветривания почти полностью уничтожены интенсивными процессами эрозии. Кора выветривания и генетически связанные с нею месторождения полезных ископаемых локализованы в настоящее время на гипсометрических уровнях зоны средней расчлененности рельефа. В Северо-Восточном и Юго-Западном Присалаирье, Предалтайском плато, Томь-Кольванской складчатой зоне, центральных районах Кузнецкой котловины и Горловском прогибе, кора выветривания имеет довольно выдержанное распространение при изменчивой мощности (рис. 45).

Глубина залегания коры выветривания изменяется от 0 до 180 м, чему в целом соответствуют изменения мощности покрова рыхлых мезозойских и кайнозойских осадков, представляющих собой переотложенные продукты выветривания. Локализация месторождений переотложенных каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин и глинистых пород определяется в основном пространственным расположением понижений (котловин, впадин предгорий) в палеозойском фундаменте.

Песчано-глинистые осадки мела и палеогена на территории Западно-Сибирской низменности перекрыты мощным чехлом неогеновых и четвертичных отложений. Они подходят к поверхности только вблизи границ низменности с орогенной зоной. Здесь наблюдается обогащение отдельных горизонтов верхнемеловых и палеогеновых отложений каолиновым материалом, вследствие чего они представляют значительный

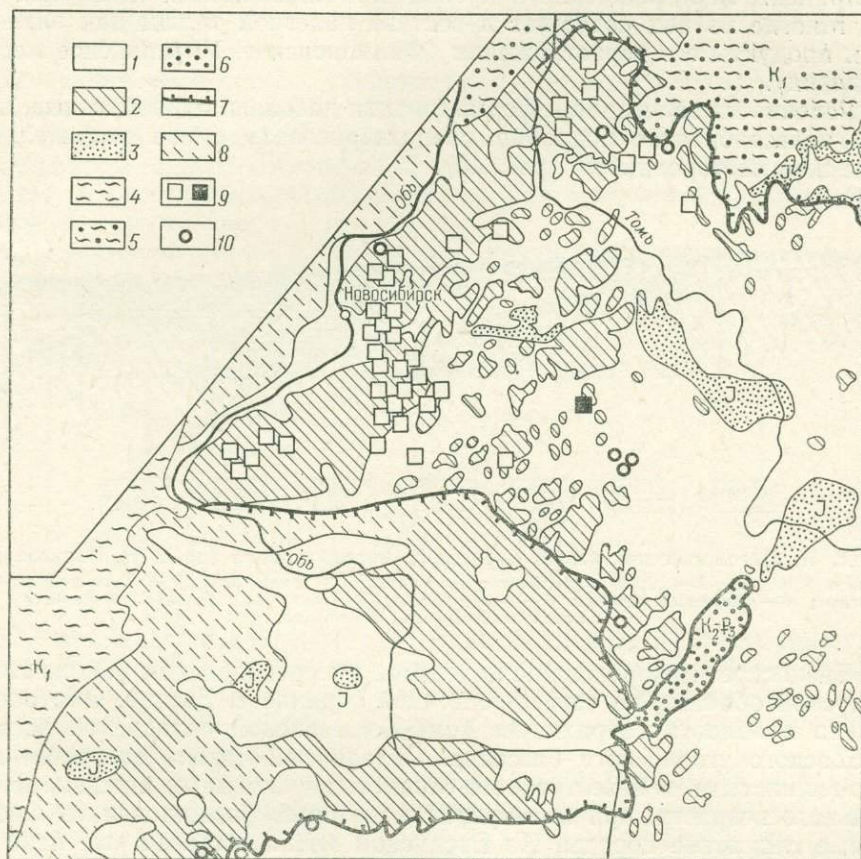


Рис. 45. Обзорная карта каолиноносности южных районов Западной Сибири

1 — участки палеозойского фундамента, лишенные элювиального покрова; 2 — площади распространения кор выветривания; 3 — юрские отложения; 4 — нижнемеловые отложения; 5 — каолинсодержащие нижнемеловые отложения; 6 — каолинсодержащая неннинская свита (K_2-P_3); 7 — граница выходов палеозойского фундамента; 8 — предполагаемое развитие кор выветривания под осадочным покровом; 9 — месторождения и проявления огнеупорных и тугоплавких глин и глинистых пород (темные — эксплуатируемые); 10 — проявления каолинов в коре выветривания магматических пород

интерес для промышленного извлечения из них каолиновых, кварцевых и полевошпатовых концентратов, а также тяжелых минералов.

Месторождения каолинов могут быть подразделены здесь на два основных генетических типа: элювиальный и переотложенный.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ КАОЛИНОВ И ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Элювиальные каолины приурочены к корам выветривания магматических и глубокометаморфизованных пород (ортоэлювий); при выветривании осадочных слабометаморфизованных пород палеозоя (параэлювий) формируются элювиальные глинистые породы, в составе которых каолинит имеет подчиненное значение. Зарегистрированные

проявления элювиальных каолинов сравнительно немногочисленны (около 20) и сгруппированы в пределах Алтае-Саянской складчатой области вблизи г. Новосибирска, на Предалтайском плато, в Томь-Колыванской складчатой зоне и на Салаире, т. е. там, где имеются затронутые выветриванием выходы интрузивных и экструзивных пород. Для Алтае-Саянской складчатой области возможности выявления промышленных запасов элювиальных каолинов весьма ограничены. Более распространены месторождения и проявления элювиальных глинистых пород. Многие из них содержат в составе полезной толщи как элювий, так и продукты его переотложения (Филипповское, Умревинское месторождения).

Условия их залегания и формирования довольно однообразны, поэтому целесообразнее подробно охарактеризовать самое значительное Евсинское месторождение (рис. 46).

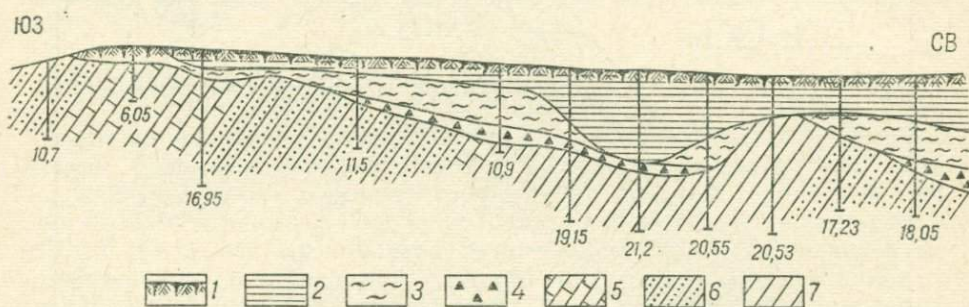


Рис. 46. Литологический разрез Евсинского месторождения (по Б. Н. Валухову)
 1 — почвенный слой; 2 — глины и суглинки четвертичные; 3 — глины осадочные, тугоплавкие, пестроцветные; 4 — кварцевый щебень; 5 — микрокварцит; 6 — глина элювиальная, песчанистая; 7 — глина элювиальная, пластичная

Евсинское месторождение находится в Черепановском районе Новосибирской области, на северо-восточной окраине с. Евсино. Оно расположено в области сопряжения Томь-Колыванской складчатой зоны и Горловского угленосного бассейна. Складчатый цоколь сложен песчано-глинистыми и известковисто-глинистыми сланцами нижнекаменноугольного возраста, при выветривании которых формировались элювиальные глинистые породы. На Евсинском месторождении выделено четыре участка выдержанного распространения глинистого элювия: Центральный, Линевский, Левобережный и Южный. Наиболее детально изучен Южный участок, на котором сосредоточено 85% подсчитанных запасов Евсинского месторождения. Белые и пестроокрашенные глинистые породы элювиальной толщи слабопесчанистые, часто сохраняют структурные особенности исходных пород. Мощность их изменяется от 4 до 35,5 м. Глинистые породы имеют окварцованные участки и прослои микрокварцитов, превращенные при выветривании в пылевидный кварц. Над элювиальной толщей залегают тугоплавкие глины (от 0 до 15 м). Последние в северо-восточной части участка с размывом перекрыты глинами аральской и кочковской свит неогена общей мощностью от 2 до 15,3 м. Полезной толщей участка является структурный элювий, тугоплавкие глины, а также глина неогенового возраста. Общая мощность полезной толщи на участке изменяется от 4,9 до 33,3 (средняя 24,6 м). Вскрыша представлена четвертичными глинами и суглинками, имеющими мощность 1,5—3 м (в западной части до 12,5 м).

В табл. 54 приводится химический состав трех проб элювия Евсинского месторождения (в %).

Обращает на себя внимание высокое содержание свободного кварца, составляющего 44—72% породы. Глинистый материал присутствует

Таблица 54

№ пробы	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	П.п.п.
1	78,74	13,42	0,51	0,20	1,19	Следы	2,23	3,70
2	87,50	7,91	0,23	0,21	0,67	"	1,17	2,30
3	80,11	12,70	0,28	0,53	1,05	"	1,71	3,62

в подчиненном количестве и представлен в основном слюдистыми минералами, о чем свидетельствует довольно высокое содержание щелочей и малое глинозема. Подтверждением служат дифрактометрические анализы фракции <0,001 мм, которыми показано, что глинистый материал представляет собой смесь пылевидного кварца, каолинита и слабодегрированного мусковита.

Гранулометрический состав проб, проанализированных по фракциям, приведен в табл. 55 (в %).

Таблица 55

№ пробы	Фракция, мм					
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
1	10,61	14,34	27,20	9,77	17,36	20,82
2	15,59	12,53	28,31	13,24	15,26	15,08
3	6,55	11,86	31,60	12,19	19,23	18,57

С полученными данными о грубодисперсности и преобладающем кварцевом составе алювиальных пород вполне согласуются результаты технологических испытаний, показавшие низкую пластичность, малую огнеупорность (1440—1670°С) и наличие наиболее обогащенных кварцем неспекающихся разновидностей.

Обогащение элювиальных глинистых пород Евсинского месторождения в связи с тонкодисперсным состоянием кварца малоэффективно и в основном способствует удалению грубых обломков (табл. 56).

Таблица 56

Компоненты	Сырец, %	Сито, отв/см ²		
		2500	4900	10 000
SiO ₂	78,76	78,22	77,25	76,17
TiO ₂	14,31	14,40	14,50	15,65
Al ₂ O ₃	Не обн.	Не обн.	0,17	0,34
Fe ₂ O ₃	0,22	0,22	0,39	0,64
CaO	0,25	0,35	0,70	0,63
MgO	0,88	0,65	1,27	0,62
SO ₃	0,31	0,23	Следы	0,13
K ₂ O	0,97	0,89	1,25	0,96
Na ₂ O	0,73	1,02	0,70	0,72
П.п.п.	3,73	3,84	4,29	3,89

Малое содержание красящих окислов позволяет получить после высокотемпературной обработки глинистых пород черепок белого цвета. Для изготовления товарных изделий в евсинские бело- и светложгу-

щиеся глинистые породы необходимо вводить огнеупорные пластификаторы. Беложгущиеся разности имеют на месторождении незначительное распространение, присутствуют в виде небольших линз. Неспекающиеся породы встречаются в подчиненных количествах и отличаются минимальным содержанием глинистого материала.

Свойства кондиционных разновидностей глинистого элювия Евсинского месторождения приведены в табл. 57.

Таблица 57

Показатели	Сорт			
	I светло- жгущийся спекающийся	II светло- жгущийся неспекающийся	I темно- жгущийся спекающийся	I беложгущийся спекающийся
SiO ₂	72,20	85,30	69,00	78,80—87,00
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	19,60	9,60	18,90	8,00—15,80
Fe ₂ O ₃	2,70	2,20	6,80	0,30—0,80
CaO+MgO	1,12	0,71	1,44	1,13
K ₂ O+Na ₂ O	3,10	1,23	2,50	1,70
Огнеупорность, °С	1500—1570	1500—1560	1560—1570	1440—1610
Температура спекания, °С	1150—1250		1100—1250	1200—1300
Число пластичности	7—16, среднее 10,5	4—7, среднее 5,5	7—45	7—15
Водопоглощение черепка, %	среднее 3,9	8,9—23,9, среднее 5,5	0—10	0—15
Класс огнеупоров	Полукислый	Кислый	Кислый	Кислый

Свойства глинистых пород определяются соотношением в них кварцевой и глинистой составляющих, а также присутствием тех или иных количеств K₂O+Na₂O. Общие запасы глинистых пород и относительное значение выделенных выше разновидностей приведены в табл. 58 (в %).

Таблица 58

Категория	Всего запасов, тыс. т	Беложгущиеся		Светложгущиеся		Темножгу-
		спекаю- щиеся	неспекаю- щиеся	спекаю- щиеся	неспекаю- щиеся	щие
B	4 063	3,16	4,18	44,44	6,95	41,64
C ₁	11 258,7	1,28	0,68	41,92	11,03	45,10
B + C ₁	15 321	1,78	1,62	42,59	9,48	44,17

Светложгущиеся и темножгущиеся породы с примесью 20—40% светложгущихся неспекающихся пригодны, судя по результатам технологических испытаний, для изготовления лицевой строительной керамики и канализационных труб. После отделения крупных частиц можно использовать беложгущиеся глинистые породы Евсинского месторождения в промышленном производстве плиток для полов, облицовочных и кислотоупорных плиток, электроустановочных изделий.

Потребление сырья в ближайшие годы будет возрастать в связи с увеличением выпуска керамической продукции.

Из многочисленных месторождений тугоплавких и низкоогнеупорных глинистых пород, возникших подобно Евсинскому благодаря вывет-

риванию осадочных метаморфизованных пород палеозоя, наибольший интерес представляют те, в составе которых присутствуют породы кварцево-слюдистого состава с низким (не более 1,5%) и очень низким (не более 1%) содержанием железа. Примером может служить Колбихинское месторождение, расположенное в Томской области, вблизи дер. Колбиха. Здесь в составе аллювиальной толщи, образовавшейся при выветривании глинистых сланцев, присутствуют белые и светло-серые глинистые породы. Установлено, что их линзообразная залежь имеет ширину от 75 до 100 м и длину около 800 м при максимальной мощности 30 м. В белых глинистых породах содержится в среднем 20% частиц <0,005 мм, в силу чего они проявляют низкую пластичность и малую связующую способность. Химический состав белых глинистых пород Колбихинского месторождения, по П. Г. Усову и др. (1964), приведен в табл. 59 (в %).

Таблица 59

Значение	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO	П.п.п.	Сумма без K ₂ O+Na ₂ O	Огнеупорность, °С
От	65,66	0,17	12,73	0,11	0,44	0,23	0,24	96,35	1580
До	77,60	0,34	21,85	0,70	0,70	1,72	4,46	99,99	1660
Среднее	74,25	0,25	17,90	0,47	0,67	0,78	3,35	98,60	1600

Низкие потери при прокаливании свидетельствуют о существенно гидрослюдистом составе глинистой фракции. Химический состав фракции <0,005 мм, выделенной из белой глинистой породы отмучиванием, следующий (в %): SiO₂ 52,46; TiO₂ 0,42; Al₂O₃ 37,54; Fe₂O₃ 1,82; CaO 0,53; MgO 0,27; п.п.п. 6,96.

Установлено, что в глинистой фракции содержание суммы щелочей равно 6,43% с калиевым модулем 2,5. Фазовый анализ глинистой фракции подтвердил ее существенно мусковитый состав. Железо присутствует в форме лимонита и не входит в структуру слюды, поэтому при обработке породы буферной смесью из щавелевой кислоты и щавелевокислого аммония железо легко переходит в раствор, а глинистое вещество становится белым.

Интерес к кварцево-гидрослюдистым маложелезистым породам определяется тем, что на их основе можно составлять фарфоровые массы без добавок полевого шпата. Видимо, этот вид низкоспекающегося огнеупорного высококалийного сырья должен привлечь внимание геологов и технологов Западной Сибири.

ПЕРЕОТЛОЖЕННЫЕ КАОЛИНЫ

Каолины и глины, образовавшиеся благодаря переотложению материала кор выветривания, тяготеют в своем пространственном распространении к бассейнам аккумуляции. Они широко распространены на окраине Западно-Сибирской низменности, в полосе погружения складчатого фундамента под сплошной покров мезозойских и кайнозойских отложений, а также присутствуют в пределах тектонических и эрозионно-тектонических понижений Алтае-Саянской складчатой зоны.

В мезозойских и палеогеновых отложениях юго-восточной окраины Западно-Сибирской низменности выявлено несколько литолого-стратиграфических горизонтов, с которыми связаны промышленные накопления каолинсодержащих песков, огнеупорных и тугоплавких глин.

В составе континентальных отложений позднемелового возраста продуктивными являются аллювиально-озерные осадки кийской (альб—сеноман), симоновской (сеноман—турон) и сымской (сенон-датский)

свит, распространенные по периферии складчатого обрамления изменности, где перекрывающие их палеогеновые образования постепенно выклиниваются (Кузнецов, Шаманский, 1971).

Кварцевые и кварц-полевошпатовые пески с каолиновым материалом, переслаивающиеся с галечником, характерны только для разрезов верхнемеловой толщи. Подобный состав имеют симоновская и сымская свиты Чулымо-Енисейской впадины, в пределах которой известны месторождения Ижморской группы, Усманское и Антибесское месторождения. В Неннинско-Чумышской впадине крупные залежи кварцевых песков, обогащенных каолиновым материалом, присутствуют в составе неннинской свиты (Ажинское месторождение). Эти месторождения заключают в себе десятки миллионов тонн высококачественного песчаного сырья для изготовления формовочных материалов различного технического класса, для стекольной и строительной промышленности. Каолиновый концентрат, выделяемый из песков с помощью гидроциклонов без дополнительной очистки, пригоден для производства шамотных и полукислых огнеупорных изделий, высококачественных изделий строительной керамики и санитарно-строительных керамических изделий.

Среди отложений палеогенового возраста интерес представляют кусковская (эоцен) и новомихайловская (средний олигоцен) свиты. В сложении первой значительную роль играют каолинсодержащие кварцевые и кварц-полевошпатовые пески, включающие отдельные прослои огнеупорных и тугоплавких глин. Каолинсодержащие пески наиболее крупного в Западной Сибири Туганского месторождения имеют эоценовый возраст.

Каолинсодержащие пески представлены группой однотипных месторождений, для которых характерна широкая площадная распространенность продуктивных слоев. Наиболее изучено крупнейшее из месторождений этой группы — Туганское, расположенное в 30 км северо-восточнее г. Томска. Месторождение представлено пятью участками — Северным, Южно-Александровским, Малиновским, Кусково-Ширяевским и Чернореченским, расположенными вдоль железнодорожной линии Томск — Асино. Продуктивный слой всех участков целиком предназначен для переработки (рис. 47). Ниже дается характеристика вещественного состава каолинсодержащих песков, усредненных по всей мощности полезной толщи.

Исходные светло-серые и слабоокрашенные каолинсодержащие пески разделены в гидроциклоне на фракции более или менее 0,05 мм. Содержание глинистого материала составляет 15—20%. Фракция >0,05 мм, по П. Г. Усову (1964 г.), представлена песками разной крупности, среди которых преобладают (в %) мелкозернистые разновидности (табл. 60).

Т а б л и ц а 60

Группа крупности каолинсодержащих песков, мм	Участок		
	Северный	Александровский	Малиновский
Крупные (<0,315)	4,6	0,0	0,0
Мелкие (<0,16)	6,0	36,0	30,0
Очень мелкие (<0,10)	58,0	60,0	65,0
Тонкие (<0,063)	32,0	4,0	5

Минеральный состав отдельных фракций песков, по П. Г. Усову (1964 г.), приведен в табл. 61 (в %).

Содержание титанистых и железистых минералов возрастает в тонких фракциях. Значительная часть окиси железа присутствует в виде пленок на поверхности кварцевых и глинистых частиц.

Глинистый продукт, полученный после гидроциклона, имеет в 70% случаев белый и светло-серый цвет, в нем присутствует до 30% пылевидного кварца. Усредненный химический состав некоторых фракций приведен в табл. 62 (в %).

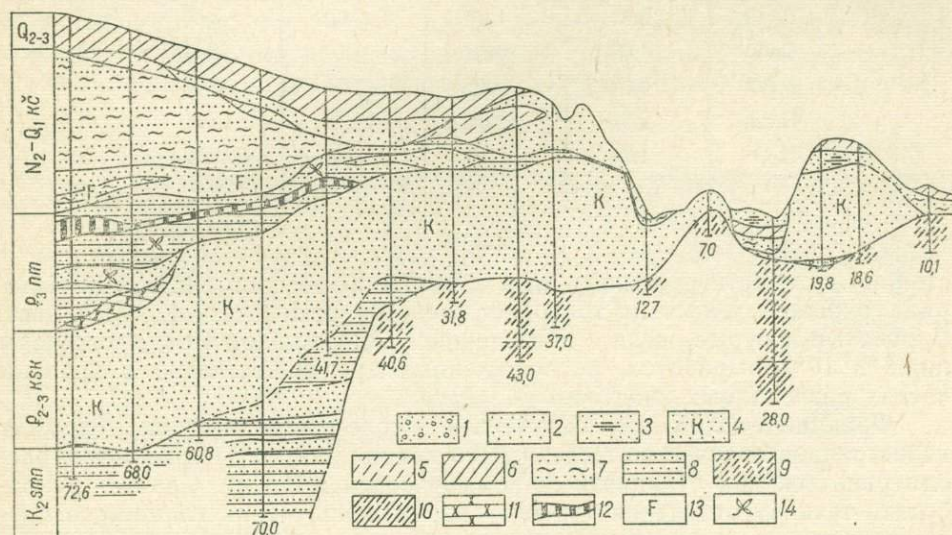


Рис. 47. Геологический разрез Туганского месторождения (составил И. Б. Санданов)
 1 — гравий песчаный; 2 — песок полимиктовый, мелко- и тонкозернистый; 3 — песок глинистый; 4 — песок кварцевый каолинсодержащий, тонкозернистый; 5 — супесь; 6 — суглинок; 7 — глина алевритистая (для палеогеновых и меловых отложений); 8 — глина алевритистая (для четвертичных и неогеновых отложений); 9 — бесструктурный элювий сланцев и песчаников; 10 — песчаники; 11 — песчаники кремнистые, кварцитовидные; 12 — бурые угли и лигниты; 13 — железнение; 14 — растительные остатки

Глинистое вещество песков Туганского месторождения имеет малоизменчивый минеральный состав. В большинстве случаев фракции $< 0,005$ мм, окрашенные преимущественно в белый цвет, имеют каолиновый, реже слюдисто-каолиновый состав. В качестве примеси по-

Таблица 61

Минерал	Фракция, мм								
	+0,63	+0,40	+0,315	+0,20	+0,16	+0,10	+0,063	+0,050	-0,05
Кварц	95,60	96,00	96,60	95,00	96,00	93,00	93,00	90,60	84,00
Слюда	0,83	0,70	0,50	0,30	0,30	0,30	0,70	0,90	1,70
Полевые шпаты	0,70	1,20	1,70	3,60	3,60	4,40	3,50	4,50	6,20
Минералы титана	Не обн.	Не обн.	Следы	Следы	Следы	Следы	0,50	1,70	1,70
Прочие минералы	0,16	0,10	0,33	0,16	0,08	0,16	1,30	2,10	3,00

Таблица 62

Компоненты	<0,05 мм	<0,01 мм	<0,005 мм	<0,005 мм белого и светло-серого цвета
SiO ₂	57,63	48,54	47,06	46,43
TiO ₂	1,15	0,88	0,97	0,86
Al ₂ O ₃	26,18	33,7	34,11	35,69
Fe ₂ O ₃	2,31	1,94	2,60	1,66
CaO	1,07	0,70	0,79	1,43
MgO	0,71	0,49	0,51	0,46
П.п.п.	9,37	12,04	12,28	12,81
H ₂ O ⁻	1,22	1,30	1,58	1,30

стоянно присутствует пылевидный кварц. В ряде проб глинистый материал окрашен углистым тонкораспыленным веществом в серый цвет. Буроватые и бурые пески с повышенным содержанием Fe₂O₃ встречены лишь в 10% выработок, расположенных преимущественно в краевых частях разведанных участков.

Фракции <0,05 мм, полученные после гидроциклона, содержат непостоянное количество пылевидного кварца (до 30%) и не могут рассматриваться как стандартный коммерческий продукт. Следует разработать технику отделения тонкого кварца и получения глинистого продукта с размером частиц <0,01 мм. Фракции <0,01 мм обладают довольно постоянными керамическими свойствами (табл. 63).

Таблица 63

Показатели	Значение
Огнеупорность, °С	1740
Формовочная влажность, %	41,6—43,6
Усадка при сушке, %	6—6,5
Связность, кг/см ²	5—6
Усадка после 1300° С, %	12
Общая усадка 1300° С, %	18—18,7
Водопоглощение 1300, С, %	0,05—0,3
Белизна после 1100° С, %	60—80
„ „ 1300° С, %	50—55

Каолиновый концентрат, выделенный из песков продуктивного слоя с помощью гидроциклонов, без дополнительной очистки пригоден для производства высококачественных изделий строительной керамики не требующих высокой температуры обжига (облицовочная плитка, санитарно-технические изделия). Кроме того, из него можно получать огнеупоры классов Б и В.

Огнеупоры класса А можно получить из каолиновых концентратов после отделения тонкого песка (отмучиванием, электрофорезом или на центрифугах). После разработки эффективной методики удаления Fe_2O_3 обработанные, таким образом, существенно каолиновые концентраты могут быть применены для изготовления бытового фарфора и изделий электрокерамики.

Запасы месторождений составляют на 1/1 1971 г. 72914 тыс. т по категории C_1 и 12240 по категории C_2 . Строительство карьеров предусматривается в 1975 г.

Месторождения Усманское, Антибесское и др. характеризуются более неравномерным распределением глинистого материала в пределах продуктивного пласта. Каолин часто образует среди песчаной толщи отдельные пропластки и линзы различной мощности. Наиболее ценной породой является песок, содержащий 20—25% глинистого вещества.



Глинистая ($<0,005$ мм) фракция песков Усманского месторождения имеет наиболее низкое содержание флюсующих и красящих окислов (Fe_2O_3 , среднее 1%), высокую температуру плавления ($1750^\circ C$), почти мономинерально-каолиновый состав с небольшой примесью кварца ($<5\%$). Для Антибесского месторождения характерно присутствие в песчаной фракции ($<0,056$ мм) около 15% калиевого полевого шпата, что свидетельствует о необходимости изучения песков этого месторождения в качестве источника высококалийных полевошпатовых концентратов.

Глинистая составляющая песков всех месторождений без дополнительной обработки может быть применена для изготовления облицовочной и санитарно-технической керамики. Дальнейшие исследования помогут расширить сферу эффективного использования каолинсодержащих песков Западной Сибири.

В Алтае-Саянском регионе на фоне широкого распространения тугоплавких глин, являющихся продуктами переотложения глинистого элювия осадочных пород палеозоя, присутствуют месторождения существенно каолиновых пород. Есть основания считать, что осадочные породы такого состава формировались в условиях, обеспечивающих доразложение и каолинизацию глинисто-терригенного материала, поступившего в осадок при размыве кор выветривания осадочных пород палеозоя.

Одним из подобных месторождений является Апрельское, расположенное в пределах северо-восточной части Салаирского кряжа на территории Гурьевского района Кемеровской области, в 60—70 км северо-западнее г. Белово. Месторождение сложено породами нижне- и среднекембрийского возраста (известняками и мраморами гавриловской свиты) и осадочно-эффузивными метаморфизованными образованиями печеркинской свиты. Карбонаты интенсивно закарстованы, оса-

дочно-эффузивные породы испытали воздействие химического выветривания (рис. 48).

Залежи переотложенных каолинов расположены в зоне контакта силикатных пород печеркинской свиты с известняками и перекрывают выветрелое с поверхности штокообразное тело метаморфизованных кварцевых кератофилов, залегающих среди метаморфизованных сланцев, подвергшихся выветриванию. Глинистый элювий кератофилов и сланцев сохраняет следы реликтовой структуры и признаки расланцованности. Выветривание коренных пород прослежено до глубины более 130 м. Кора выветривания была частично перемыта в верхнемеловое время; возникли залежи переотложенных каолинов, имеющие форму линз, гнезд и неправильных тел. Их быстрое выклинивание вызвано как неровностями рельефа почвы, так и влиянием последующих размывов. Залежи имеют длину от 200 до 600 м при мощности 10—80 (средняя 16 м). Мощность вскрыши, включающей четвертичные отложения и некондиционные разности переотложенных каолинов, изменяется от 1,5 до 59 м (средняя 17 м).

Каолины имеют различный цвет, причем светлоокрашенные разности (белые, светло-розовые, кремовые, желтовато-белые) расположены в центральной части месторождения, темноокрашенные тяготеют к периферии.

Средний химический состав каолинов Апрельского месторождения, по Н. С. Кускову, следующий (в %): SiO_2 50,93; Al_2O_3 32,99; TiO_2 1,70; Fe_2O 1,32; CaO 0,42; MgO 0,11; SO_3 0,03; п.п.п. 11,70.

Порода имеет существенно кварц-каолиновый состав. Из второстепенных глинистых минералов присутствует гидрослюда мусковитового ряда. Кварц в виде тонкой примеси присутствует в изменчивых количествах (среднее 2,3%). Огнеупорность пород 1670—1700°С, у наиболее высококачественных разностей 1700—1730°С. Повышенное содержание кварца приводит к снижению пластичности и связующей способности, а также обуславливает высокую температуру спекания (1400—1450°С).

Средний гранулометрический состав фракций переотложенных каолинов Апрельского месторождения, по Н. С. Кускову, следующий (в %): >3 мм 0,31; 3—0,5 мм 1,16; 0,5—0,25 мм 0,76; 0,25—0,05 мм 3,70; 0,05—0,01 мм 8,67; 0,01—0,005 мм 44,81; 0,005—0,001 мм 23,33; <0,001 мм 17,03.

Особенности гранулометрического состава глинистой фракции определяют невысокую пластичность каолинов, их сравнительно низкую механическую прочность и малую связующую способность.

Главная часть запасов Апрельского месторождения разведана по классу основного огнеупорного неспекающегося сырья высшего сорта. Месторождение разрабатывается Кузнецким металлургическим комбинатом для производства шамотных изделий. Запасы по категориям А+В+С₁ составили на 1/1 1971 г. 860 тыс. т.

Очевидно, в Западной Сибири элювиальные и переотложенные глинистые породы, генетически связанные с корой выветривания осадочных пород палеозоя, относятся в большинстве случаев к низкоогнеупорному и тугоплавкому сырью, поэтому не могут быть использованы для изготовления ответственных огнеупорных и керамических изделий. Типичные элювиальные каолины имеют подчиненную роль и не могут обеспечить Западную Сибирь высококачественным каолиновым сырьем.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО КАОЛИНОВОГО РАЙОНА

Месторождения и проявления огнеупорных и тугоплавких глинистых пород Западной Сибири пространственно и генетически связаны с мел-палеогеновой корой выветривания, которая имеет мощность от

15 до 30—45 м и тяготеет к окраинным частям складчатого фундамента. Она образует широкую прерывистую полосу по северо-западному крылу Томь-Колыванской складчатой зоны, включая Юргинскую впадину, восточный склон Томского выступа и территорию к югу от Улановской депрессии. В междуречье Оби — Ини современное распространение глинистого элювия значительной мощности в виде изолированных пятен является следствием эрозионного размыва, вызванного последующей тектонической деятельностью. Качество огнеупорных и тугоплавких глинистых пород контролируется вещественным составом материнских пород, сохранность определяется общим направлением тектонического развития того или иного тектонического блока, с чем связана степень расчлененности современного рельефа.

Однообразие литологического состава полеозойских пород Томь-Колыванской складчатой зоны, сложенной песчано-глинистыми осадками, способствовало формированию параэлювия, глинистые продукты которого представляют тугоплавкое керамическое сырье. Большинство известных проявлений глинистых пород параэлювия тяготеет к таким крупным промышленным центрам, как Томск и Новосибирск, или расположено вдоль железнодорожных магистралей, т. е. приурочено к наиболее обжитым районам.

Особый интерес представляют поля развития Сенчанского, Новосибирского, Барлакского, Колыванского, Дубровинского и Бибеевского гранитных массивов к северу от г. Новосибирска, которые являются наиболее перспективными для постановки геологопоисковых работ.

Северо-Западная часть Салаирского кряжа, наиболее высоко поднятая и имеющая глубоко эродированную поверхность, сложена в основном осадочными образованиями кембрия, силура, девона и нижнего карбона. Продукты коры выветривания в этой зоне сохранились лишь по периферийной части кряжа.

Благоприятна для поисков каолиновых месторождений территория Предалтайского плато. Здесь могут быть проявлены залежи каолинов и глинистых пород орто- и параэлювиального типа. Можно наметить в качестве наиболее перспективных площадей территорию, дренируемую реками Чарыш, Поперечная, Локтевка, т. е. полосе шириной в несколько десятков километров к востоку от линии железной дороги Рубцовск — Барнаул и у русла р. Алей. Следует ориентироваться на локальные впадины и межсочные понижения рельефа, где могут сохраниться от размыва верхние горизонты коры выветривания.

Севернее плато, в Бийско-Барнаульской впадине под действием новейших тектонических движений кора выветривания опущена на значительную глубину и залегает под чехлом молодых осадочных пород мощностью до 140 м.

Основная масса материала кварцево-каолиновых песков, огнеупорных и тугоплавких глин юго-восточной окраины Западно-Сибирской низменности была генерирована в мел-палеогеновой коре выветривания палеозойских пород складчатого обрамления и сконцентрирована на трех стратиграфических уровнях: верхний мел, эоцен и олигоцен.

Меловые отложения выходят на поверхность или имеют маломощную вскрышу только по северо-восточному склону Томского выступа фундамента в пределах долины р. Яй, где вышележащие породы палеоген-четвертичного возраста размыты рекой. По периферии Томского вала сымская и симоновская свиты представлены каолинито-кварцевыми песками. С ними связаны огромные запасы кварцевых каолинсодержащих песков.

Эоценовые кварцево-каолиновые пески кусковской свиты слагают крупные залежи к северо-востоку от г. Томска, обнажаясь в бортах долины правого притока р. Б. Киргизки. Протяженность залежи на север около 120 км при ширине 45 км. К западу от нее в зоне распро-

странения морских мелководных фаций эоцена горизонт песков находится на больших глубинах. Каолинсодержащие пески, видимо, следует оценивать как основной источник каолинового сырья Западной Сибири.

ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Восточно-Сибирский экономический район по занимаемой территории является крупнейшим в СССР. Основными потребителями каолинового сырья являются целлюлозно-бумажные, химические, керамические комбинаты и заводы Красноярского края, Иркутской и других областей. Добыча местного сырья производится на одном Кроваль-Балайском месторождении. Разработка ведется наклонными шахтами кустарным способом; себестоимость 1 т каолина-сырца составляет 23—32 р. Сырье поставляется на заводы Сибизолятор, Уярский керамический и Канский гидролизный. Хайтинский фарфоровый завод широко использует беложгущиеся аргиллиты Трошковского месторождения, а Ангарский керамический комбинат базируется на вторичных каолинах (огнеупорных глинах) Каменского месторождения. В 1970 г. на эксплуатируемых месторождениях Восточно-Сибирского экономического района было добыто 793 т. каолина и 40 тыс. т огнеупорных глин, что составляет соответственно 1,3 и 19,0% потребности. Дефицит покрывается привозом обогащенного каолина с комбинатов Украины и Урала. Непроизводительные затраты на транспортировку привозного сырья составляют свыше 500 тыс. р. в год.

Общие разведанные запасы каолинов и огнеупорных глин Восточной Сибири на 1/1 1971 г. составляют по категориям А+В+С₁ соответственно 17 и 100 млн. т. Существующий в районе разрыв между наличием местных минеральных ресурсов и их использованием может быть устранен путем вовлечения в эксплуатацию подготовленных к освоению месторождений, таких, как Кампановское (каолинсодержащие пески) и Ново-Александровское (огнеупорные глины), и за счет детальной разведки и освоения других перспективных месторождений.

Территория Восточной Сибири соответствует в геологическом отношении Сибирской платформе и окружающим ее складчатым сооружениям различного возраста. С юго-востока Сибирская платформа окаймлена Байкальской складчатой областью, закончившей геологическое развитие в среднем кембрии. На востоке с платформой граничит Верхоянский складчатый пояс, развитие которого закончилось во второй половине мезозоя. С севера к платформе через Енисейско-Ленский прогиб примыкает складчатая область, сформировавшаяся в конце перми — начале триаса. На западе платформа граничит с Западно-Сибирской плитой протерозойского возраста. С юго-запада платформу обрамляют каледонские структуры Алтае-Саянской складчатой области. В сложении регионов принимает участие обширный комплекс осадочных, вулканогенно-осадочных и метаморфических образований архея, протерозоя, палеозоя и мезо-кайнозоя, прорванных разновозрастными интрузиями различного петрографического состава.

В истории геологического развития территории в отдельные периоды создавались специфические эпохи относительного тектонического покоя, в которые в условиях теплого гумидного климата на различном субстрате формировались каолиновые коры выветривания, ныне в значительной степени эродированные.

Нелитифицированные реликты древнего элювия площадного и линейного морфотипов мощностью от первых до десятков метров установлены в различных районах Восточной Сибири. В стратиграфической последовательности выделяются коры выветривания ранне- и среднекаменноугольного, позднепермского, рэт-лейасового, позднемелового

эоценового возраста. За редким исключением в элювиальных профилях сохранились начальные и промежуточные горизонты. Проявления белоцветного каолинового элювия известны на Сумарочихинском выступе в северной части Енисейского кряжа, в зоне сочленения последнего с Канско-Тасеевской и Рыбинской впадинами и на о-ве Ольхон (рис. 49). Наиболее изучено из них проявление о-ва Ольхон (Чекин, 1968), где белоцветная каолиновая кора выветривания мощностью до нескольких

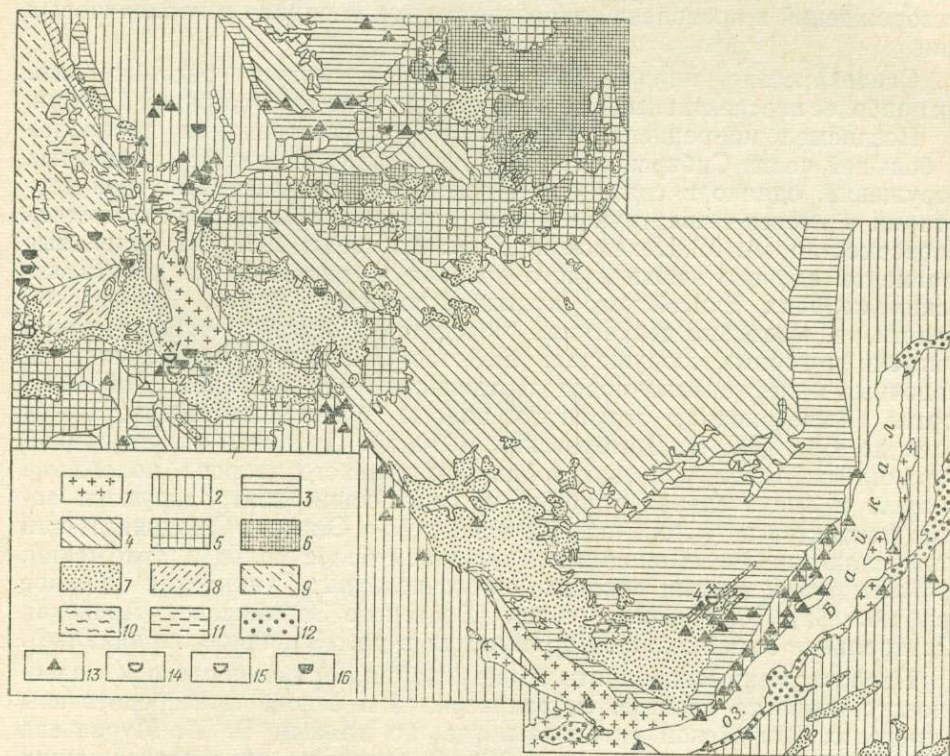


Рис. 49. Обзорная карта каолиноносности южной части Восточной Сибири

1 — архей; 2 — протерозой; 3 — кембрий; 4 — ордовик и силур; 5 — девон, карбон и пермь; 6 — триас (траппы); 7 — юра; 8 — мел, нижний отдел; 9 — мел, верхний отдел; 10 — палеоген; 11 — неоген; 12 — недостаточно изученные дочетвертичные образования; 13 — выходы кор выветривания. Месторождения перестроженных каолинов и каолиновых глин; 14 — эксплуатируемые; 15 — разведанные, неэксплуатируемые; 16 — проявления и слабо изученные месторождения (1 — Кроваль-Балайское; 2 — Компановское; 3 — Трошковское; 4 — Каменское)

десятков метров развита по гранитам, гранито-гнейсам и пегматитам. Перспективным в отношении обнаружения промышленных залежей каолина на острове является участок от мыса Улан-Ирги до залива Уральская губа. Каолины относятся к щелочным в связи с повышенным содержанием в основной массе слабо выветрелых зерен микроклина.

За счет размыва и перестрожения верхнепалеозойских и мезо-кайнозойских кор выветривания сформировались специфические отложения, включающие каолиноносные и каолино-бокситоносные формации. Наиболее продуктивными являются отложения ниже- и среднеюрского, верхнемелового и палеогенового возраста. С ними связано большинство известных промышленных месторождений и перспективных проявлений осадочных каолинов и огнеупорных глин. Белые и сероцветные перестроженные продукты рэт-лейасовой коры выветривания, осаждаясь в пределах тектонических депрессий, формируют толщи кварц-каолинового состава. Продуктивные горизонты подобного типа присутствуют в основании юрского разреза западной части Канско-Ачинского угленосного

бассейна в составе нижнекамалинской подсвиты (средняя юра) Рыбинской и Тасеевской впадин, трошковской свиты Присяянского прогиба, иреляхской свиты Ангаро-Вилойского прогиба, линденской свиты Вилойской синеклизы и Предверхоанского прогиба (Р. А. Цыкин, 1967 г.; Г. Х. Файнштейн, М. Н. Винниченко, 1967 г.). Среднеюрский возраст имеет полезная толща двух наиболее изученных месторождений Восточной Сибири — Кроваль-Балайского и Кампановского, к этой же возрастной группе можно отнести большое число предварительно разведанных месторождений и проявлений переотложенных каолинов и каолиновых глин.

Следовательно, нижнеюрские отложения следует рассматривать как наиболее перспективный каолиноносный горизонт Восточной Сибири.

Позднемеловой-раннепалеогеновый этап выветривания проявился на большей части Сибирской платформы и окружающих ее складчатых сооружений, однако в связи с интенсивными воздыманиями всей территории в неоген-четвертичное время коры выветривания сохранились не повсеместно (А. М. Цехомский, Д. И. Карстенс, 1967 г.). Отдельные фрагменты единого элювиального покрова установлены на кристаллических породах Енисейского кряжа, Алданского щита, Таймырской области, в молодых депрессиях междуречья Ангары — Подкаменной Тунгуски и горных сооружениях Байкало-Саянской дуги, а также на осадочных и эффузивных породах отдельных участков Сибирской платформы. Выветривание затронуло породы различного возраста — от архея до юры (Ж. В. Домбровская, 1970 г.). Продукты выветривания сохранились *in situ* лишь как корни элювиального покрова, положение которых и значительная глубина проникновения контролируются зонами контактов и тектоническими швами (о-в Ольхон, Слюдянка), или в пределах локальных впадин под покровом более молодых отложений. Примеры таких впадин довольно многочисленны: Тункинская (Южное Прибайкалье), Баргузинская и др. (Восточное Забайкалье), Арейская (Центральное Забайкалье), Харамурская и др. (Западное Забайкалье).

Переотложенные продукты выветривания верхнемелового и палеогенового возраста развиты спорадически и в основном сосредоточены в пределах Вилойской синеклизы, где, по данным В. И. Муравьева (1957 г.), В. В. Забалуева и др. (1961 г.), мощность каолинсодержащих песков верхнего мела достигает более 100 м. На стыке северо-восточного склона Анабарской антеклизы с Хатангским прогибом также присутствуют континентальные песчано-алевролитовые отложения нижнего мела. Палеогеновые продуктивные отложения известны в ряде локальных тектонических впадин. Примером может служить Каменское месторождение Ангаро-Ленского междуречья, приуроченное к Харанурской тектонической впадине.

Ниже рассматриваются наиболее изученные и перспективные в отношении промышленного использования месторождения.

Балайская группа месторождений каолинов и глин расположена в 10—15 км севернее и северо-восточнее от ж.-д. ст. Балай и объединяет Кампановское, Кроваль-Балайское, Авотинское, Минценское, Томнинское, Лепинское и Ольгинское месторождения. В структурном отношении месторождения группы приурочены к северо-западной части Балайской мульды, расположенной в зоне сочленения Рыбинской впадины и южной оконечности Енисейского кряжа. Эти месторождения, за исключением Ольгинского, по-видимому, представляют собой отдельные участки единого месторождения, сохранившиеся от размыва в послееюрское время.

Каолиноносные отложения являются делювиально-пролювиальными и образовались за счет размыва рэт-лейасовой коры выветривания, развитой преимущественно по гнейсам канской серии архея. Реликты этой

коры выветривания мощностью от 2—3 до 20 м установлены на Кампановском, Лепинском и Авотинском месторождениях.

Из Балайской группы наиболее подготовлено к промышленному освоению Кампановское месторождение, расположенное в 12 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Балай и в 25 км северо-западнее г. Уяр. Рельеф в районе месторождения денудационно-аккумулятивный; абсо-

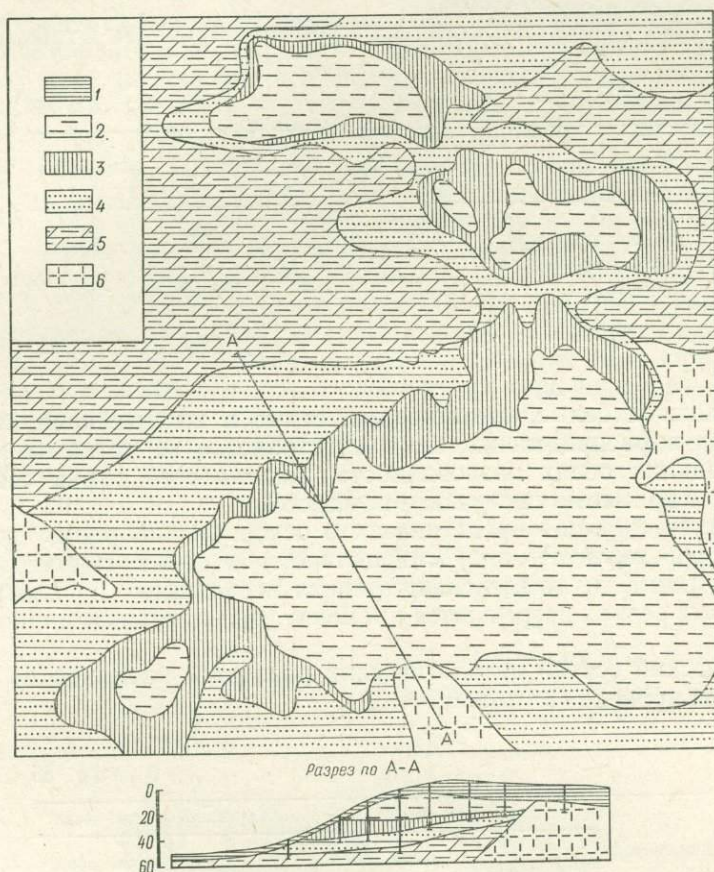


Рис. 50. Литологическая карта Кампановского месторождения

1 — четвертичные суглинки; камалинская свита (J_2kt); 2 — гидрослюдистые глины и полевошпат-кварцевые песчаники с гидрослюдистым цементом; 3 — каолинсодержащие пески с пластами и линзами каолинов; 4 — полевошпато-кварцевые песчаники с каолиновым цементом; павловская свита (D_2pv); 5 — мергели, известковистые песчаники и алевролиты; канская серия (A_kl); 6 — биотитогранатовые гнейсы

лютные отметки поверхности колеблются в пределах 320—390 м. Месторождение процессами эрозии расчленено на три участка: Северный ($0,2 \text{ км}^2$), Средний ($0,2 \text{ км}^2$) и Южный ($1,0 \text{ км}^2$).

Полезная толща месторождения представлена каолинсодержащими полевошпат-кварцевыми песками, пластами и линзами осадочных каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин и приурочена к отложениям нижней подсвиты камалинской свиты среднеюрского возраста. Каолиносодержащие отложения залегают почти горизонтально (под углом $2-5^\circ$) на размытой поверхности архейских, девонских и нижнеюрских (переславская свита) пород и перекрываются четвертичными суглинками и элювиально-делювиальными глинами (рис. 50). На Южном участке месторождения каолиновый горизонт почти повсеместно перекрыт гидрослюдисто-каолинитовыми (тугоплавкими) глинами мощностью 2—1,8 м.

Продуктивный каолиновый горизонт имеет мощность от 2 до 30 м (средняя 5,5 м). Почти повсеместно в нижней части горизонта залегают пласт каолинов мощностью от 0,5 до 6,7 м. В остальной части горизонта каолины обособляются в виде отдельных линз размером от 30×30 до 100×300 м и мощностью 0,5—3,0 м или составляют глинистую часть полевошпат-кварцевых песков. Среднее содержание товарного каолина в продуктивном горизонте составляет 60,66%, в песках 20%, в пластах и линзах 95%.

Гранулометрический состав каолина-сырца приведен в табл. 64 (в %).

Таблица 64

Вид сырья	>0,2 мм	0,2—0,088 мм	0,088—0,06 мм	<0,06 мм
Каолин пластовый	12,32	4,13	3,52	80,02
Каолинсодержащие пески	50,27	7,13	3,60	39,0

Выделяются белые, светло-серые, серые и желтые каолины. Закономерности в распределении их в пространстве не установлены. Глинистая фракция обеих разновидностей каолинового сырья состоит из каолинита с примесью галлуазита и гидрослюд.

Песчаная фракция представлена в основном кварцем, полевыми шпатами (преимущественно микроклином) и реже гидратированной слюдой, обломками лимонитизированных песчаников и алевролитов. В единичных зернах встречаются ильменит, рутил, гранат, циркон и лейкоксен.

Химический состав литологических разностей каолинов до и после обогащения приведен в табл. 65 (в %).

Таблица 65

Компоненты	Пластовые каолины		Каолинсодержащие пески	
	до обогащения	после обогащения	до обогащения	после обогащения
SiO ₂	56,31	50,21	72,85	52,24
Al ₂ O ₃	27,79	32,36	16,30	30,17
TiO ₂	0,61	0,79	0,33	0,60
Fe ₂ O ₃	2,51	2,14	0,94	1,52
CaO	0,25	0,41	0,35	0,41
MgO	0,37	0,36	0,25	0,55
Na ₂ O	0,14	0,18	0,05	0,27
K ₂ O	2,01	2,01	3,40	3,30
SO ₃	0,02	0,04	0,14	0,10
П.п.п.	10,03	11,40	5,38	10,78

Как видно из табл. 65, отмучивание каолина-сырца на сите 10 000 отв/см² приводит к увеличению содержания глинозема; заметного снижения содержания красящих окислов не происходит. Предварительными лабораторными исследованиями, проведенными НИИстройкерамикой, Уралмеханобром и др. установлено, что в каолиновых концентратах труднорастворимые окислы железа составляют 79—91% от валового железа.

Обогащенные каолины Кампановского месторождения по механическим примесям (остаток на сите 0056 составляет 0,06—0,25%), активной щелочности (рН 7,6—7,9) и усадке (6,6—7,1% при 105—110° С) соответствуют лучшим сортам первичных каолинов Просьяновского месторождения (ГОСТ 6138—61), уступая лишь по содержанию красящих окислов.

Институтом Уралмеханобр разработана схема обогащения всех литологических разновидностей каолинового сырья Кампановского месторождения, предусматривающая безэлектролитное обогащение сырца с получением каолинового концентрата и дальнейшее разделение хвостов методом флотации на кварцевый и полевошпатовый концентраты.

Каолиновый концентрат характеризуется следующими показателями: число пластичности 8,08—17,1; огнеупорность 1725—1750° С; содержание фракции <0,001 мм 1,5—22,4%; полное водосодержание 26,0—34,5%; воздушная усадка 6,1—6,7%; усадка после обжига при 1350° С 5,5—14,8%; водопоглощение черепка после обжига при 1350° С 0,55—4,59%; цвет черепка белый, белый с кремовым оттенком, свеглосерый, спекшийся без мушки; белизна в воздушно-сухом состоянии (при 110° С) 59,5—78,0%; белизна после обжига при 1350° С 64,0—94,0%.

На основании ползаводских испытаний установлена пригодность каолина-сырца для изготовления огнеупорного шамотного кирпича, плиток для полов и кислотоупоров, а каолиновых концентратов — в составе масс для производства санитарно-строительной керамики, бытового фарфора, облицовочных и ковровомозаичных плиток, электрофарфора и кислотоупорных изделий.

Выход кварцевых и полевошпатовых концентратов при флотации хвостов в зависимости от литологических разновидностей каолина-сырца составляет соответственно 5,0—45,5 и 3,0—14,2%. По всем основным показателям (табл. 66, в %) кварцевые концентраты относятся к I сорту

Таблица 66

Компоненты	Концентрат	
	кварцевый	полевошпатовый
SiO ₂	96,68—98,92	64,33—66,64
TiO ₂	0,05—0,06	0,06—0,20
Al ₂ O ₃	0,71—2,60	15,82—19,63
Fe ₂ O ₃	0,07—0,025	0,16—0,25
CaO	0,17—0,41	0,12—0,60
MgO	сл.—0,05	0,10—0,31
K ₂ O	0,20—0,36	11,63—14,30
Na ₂ O	0,01—0,10	0,83—1,00
П.п.п.	0,05—0,20	0,04—0,68

по ГОСТ 7131—54, а полевошпатовые — к I сорту по ГОСТ 7030—54 и могут быть использованы в производстве стекла, электрофарфора, тонкой и строительной керамики.

Запасы каолинового сырья Кампановского месторождения утверждены ГКЗ СССР в 1969 г. по категориям В+С₁ в количестве 12 177 тыс. т. Попутно разведаны и утверждены запасы гидрослюдисто-каолиновых (тугоплавких) глин по категориям В+С₁ в количестве 2778 тыс. т. Разведанные запасы Кампановского месторождения могут обеспечить сырьем на амортизационный срок планируемый к строительству Уярский керамический комбинат с годовой производительностью фабрики не менее 150 тыс. т. обогащенного каолина. Для получения каолиновых

концентратов I и II сортов потребуется разработать специальные методы отбеливания.

Среди прочих месторождений Балайской группы наиболее перспективным по качеству сырья и выдержанному строению полезной толщи является Авотинское месторождение с запасами 8953 тыс. т по категории С₁. Строение полезной толщи аналогично Кампановскому месторождению. Средняя мощность полезной толщи составляет 6,05 м, выход фракции < 0,06 мм от 44,81 до 77,77%; содержание Fe₂O₃ и TiO₂ в пластовых каолинах составляет соответственно 1,58—3,19 и 0,55—0,68%.

Технологические свойства обогащенных каолинов Авотинского месторождения:

Пластичность	29,3—37,4
Огнеупорность	1750° С
Содержание фракции < 0,001 мм	29,3—37,4%
Линейная усадка общая	15,4—17,14%
Водопоглощение после обжига при 1350° С	1,6—2,00%
Цвет черепка после обжига при 1350° С	белый с очень слабым оттенком, спекшийся, без мушки
% белого цвета после сушки при 110° С	74,6—85,4
То же после обжига при 1350° С	72,2—90,4

Авотинское месторождение заслуживает дальнейшего изучения. Суммарные запасы переотложенных каолинов Балайской группы оцениваются в 57 млн. т и могут быть увеличены за счет выявления в районе новых месторождений (Васильев, Глушков, 1970).

Переотложенные продукты послеюрских кор выветривания характеризуются существенно каолиновым с примесью монтмориллонита составом и залегают в виде линзообразных тел довольно больших размеров.

Представителем переотложенных каолинов палеогенового возраста является Каменское месторождение в Иркутской области. Оно расположено на территории Эхирит-Булагатского района Усть-Ордынского Бурятского национального округа у с. Муровцовка. Потребитель каолинов — Ангарский керамический комбинат. Месторождение приурочено к крупной тектонической Харанурской впадине, протягивающейся в северо-восточном направлении на 60 км при ширине 2—3 км. Разведанная площадь месторождения (112 км²) расположена в краевой юго-западной части впадины. Границы впадины, кроме северо-восточной части, совпадают с контурами развития палеогеновых отложений.

Полезная толща приурочена к комплексу песчано-глинистых пород каменной свиты палеогена (рис. 51) и представлена двумя пластами каолинов (нижним и верхним), между которыми присутствует пачка песков и алевролитов мощностью от 0,5 до 25 м. Продуктивные пласты прослеживаются на разведанной площади почти повсеместно. Максимальные мощности пластов соответствуют наиболее погруженным участкам впадины и достигают 20—40 м.

В отличие от верхнего нижний пласт характеризуется большей изменчивостью мощности и более неравномерным распределением песчаного и алевролитового материала. Содержание четырех литологических разновидностей каолинов в верхнем и нижнем продуктивных пластах (в %) приведено в табл. 67.

Вскрыша в среднем составляет 10,8 м. В подошве каменной свиты располагаются юрские угленосные отложения, затронутые выветриванием (Домбровская, 1970). Лучшими керамическими свойствами обладают каолины верхнего пласта, среди которых преобладают пылеватые разности, пригодные к использованию для производства керамических

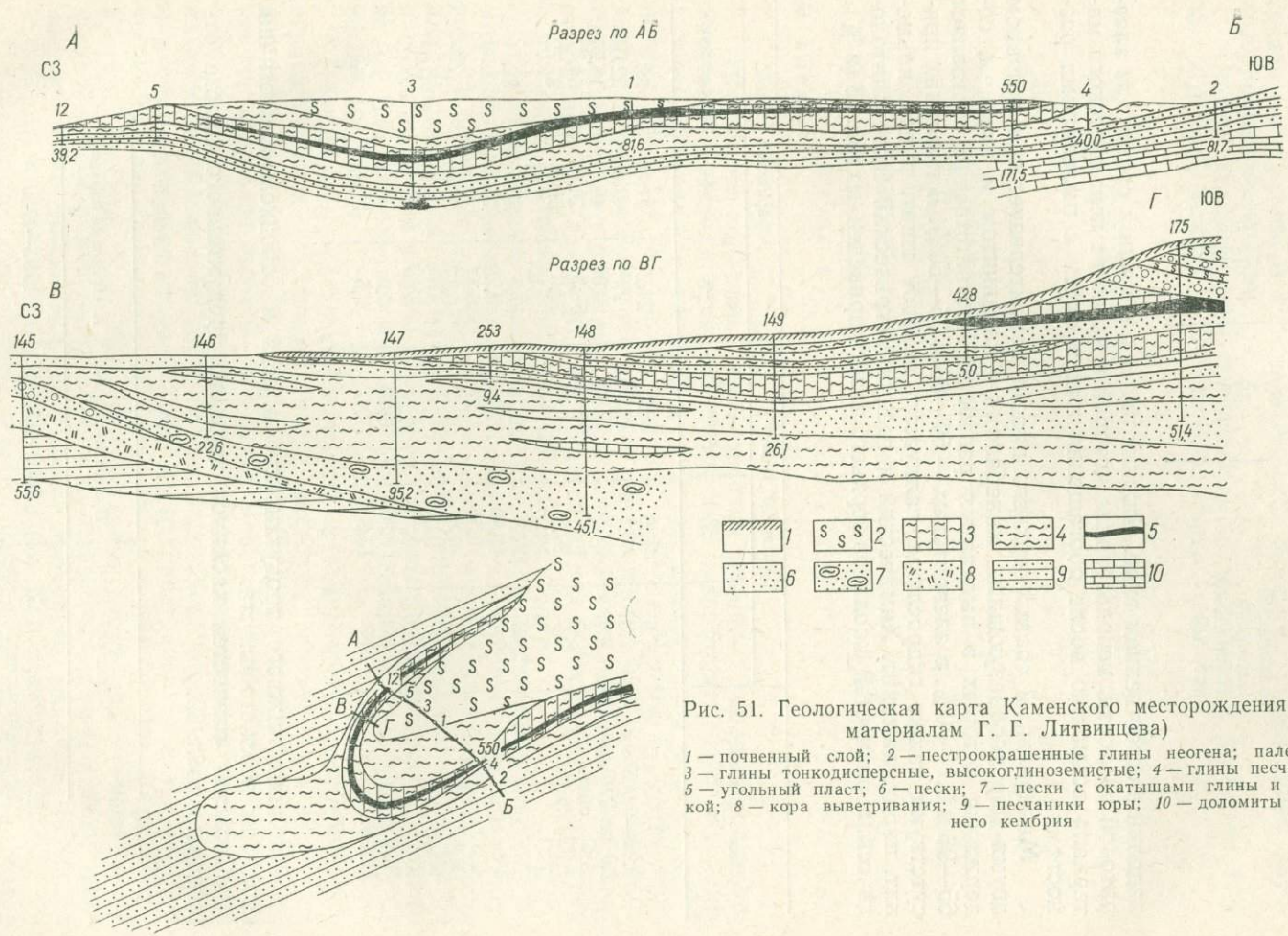


Рис. 51. Геологическая карта Каменского месторождения (по материалам Г. Г. Литвинцева)

1 — почвенный слой; 2 — пестроокрашенные глины неогена; палеоген; 3 — глины тонкодисперсные, высокоглиноземистые; 4 — глины песчаные; 5 — угольный пласт; 6 — пески; 7 — пески с окатышами глины и галькой; 8 — кора выветривания; 9 — песчаники юры; 10 — доломиты нижнего кембрия

Таблица 67

Каолин	Пласт	
	верхний продуктивный	нижний продуктивный
Коллоидный	2	—
Пылеватый	65	18
Алевритовый	30	75
Песчаный	3	7

изделий в естественном виде. Нижний пласт в основном состоит из алевритовой разности, использование которой в качестве керамического материала возможно после обогащения или в смеси с пылеватыми разностями.

Минеральный состав верхнего пласта характеризуется в основном двумя породообразующими минералами — каолинитом и кварцем, содержание которых в пылеватых разностях соответственно составляет 65—96 и 0,1—30%, в алевритовых — 50—65 и 35—50%. В каолинах присутствуют также гидрослюда, галлуазит, полевои шпат, рутил, ильменит, пирит, лимонит. Химический и гранулометрический состав литологических разностей каолинов верхнего пласта приведен в табл. 68 (в %).

Таблица 68

Фракция, компоненты	Пылеватый каолин			Алевритовый каолин		
	от	до	средний	от	до	средний
<0,005 мм	37,8	88,6	80,2	24,2	71,04	58,8
0,05—0,005 мм	0,37	40,1	12,9	2,6	43,6	22,04
2,0 до 0,05 мм	0,02	9,8	6,8	0,09	48,6	18,20
SiO ₂ общ.	45,5	60,7	54,18	59,2	70,0	64,47
SiO ₂ своб.	0,0	29,9	18,29	30,0	50,0	37,72
TiO ₂	0,71	3,02	1,50	1,10	2,61	1,41
Al ₂ O ₃	25,3	39,8	30,39	17,5	25,5	22,71
Fe ₂ O ₃	0,45	13,80	1,48	0,28	18,3	1,33
CaO	0,05	0,55	0,27	0,17	0,51	0,27
MgO	0,0	0,47	0,27	0,17	0,40	0,27
Na ₂ O	0,0	0,09	0,08	0,0	0,09	0,08
K ₂ O	0,06	0,30	0,20	0,10	0,20	0,15
SO ₃	0,0	0,30	0,08	0,0	0,35	0,09
П.п.п.	10,0	13,8	11,47	6,5	10,0	8,9

Каолины нижнего продуктивного пласта в основном аналогичны каолинам верхнего пласта.

Свойства разностей каолинов верхнего продуктивного пласта отражены в табл. 69.

Таблица 69

Показатели	Пылеватый каолин	Алевритовый каолин
Огнеупорность, °С . .	1630—1765	1580—1730
Водопоглощение черепка после 1250°С, %	0,8—15,8	6,4—18,0
Пластичность	7,8—16,6	6,3—12,2
Содержание частиц <0,001 мм	37,9—93,6 (65,4)	24,2—71,0 (47,8)

Пылеватые разности глин, по классификации ГОСТ 9169—59, относятся к огнеупорному умеренно пластичному, высокодисперсному керамическому сырью средней температуры спекания со средним содержанием красящих окислов и низким содержанием крупнозернистых включений. Алевритовые разности — огнеупорные, полукислые, неспекающиеся, умеренно пластичные, дисперсное керамическое сырье со средним содержанием красящих окислов и низким содержанием крупнозернистых включений.

Оценка качества глин произведена по техническим условиям (ГУ 33—66), разработанным НИИСтройкерамика (табл. 70).

Таблица 70

Показатели	Сорт	
	I (КО)	II (КЗ)
Содержание свободного кварца, не более %	30	30—50
Содержание красящих окислов, не более %	2,5	2,5
Усадка при 105—110° С, %	7	Не нормируется
Пластичность	16	16
Влажность, %	22	22

Испытания показали, что пылеватые разности каолинов по керамическим свойствам отвечают сорту КО, алевритовые — КЗ. Каолины I сорта пригодны в качестве сырья для производства облицовочной плитки, капсулей и кислотоупорного кирпича. Глины КЗ легко поддаются механическому обогащению на гидроциклонах с выходом 65—70% каолинового продукта, соответствующего по керамическим свойствам сорту КО. Сорта КО и КЗ пригодны для изготовления шамотных и полукислых огнеупорных изделий класса Б.

Лабораторными исследованиями установлена принципиальная возможность применения каолинов Каменского месторождения для производства хозяйственного фарфора и фаянса, высоковольтных изоляторов, для получения глинозема и кварцево-кремневых сплавов, в качестве наполнителей для резины и каучука. Запасы месторождения составили на I/I 1971 г. по категориям А+В+С₁ 11 418 тыс. т, а по категории С₂ свыше 100 тыс. т.

Перспективы Восточно-Сибирской каолиноносной территории не ограничиваются описанными выше месторождениями. Так, в 25 км восточнее Балайской группы месторождений прослеживаются среднеюрские кварц-каолиновые отложения мощностью до 7 м, которые полосой в 1,0—1,5 км протягиваются в субмеридиональном направлении на десятки километров. Аналогичные отложения, приуроченные к осадкам позднемелового возраста, широко распространены в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, в бассейнах рек Кемь, Кеть, Кемчуг, Рассоха, Кас. Каолинсодержащие пески здесь имеют мощность 5—30 м и включают пласты и линзы каолиновых глин мощностью от 0,5 до 5,0 м. Содержание товарного каолина (фракция < 0,06 мм) в продуктивных отложениях колеблется от 20 до 60%.

Каолиновые концентраты имеют следующий химический состав (в %): SiO₂ 53—63; Al₂O₃ 24—34; Fe₂O₃ 0,50—2,00; TiO₂ 0,30—1,90; п.п.п. 8,0—12,0. Белизна отмученных каолинов 60—85%. Запасы перетолженных каолинов только на известных участках оцениваются в 40—50 млн. т.

В молодых тектонических депрессиях и эрозионно-карстовых котловинах в полях развития карбонатных пород докембрия и нижнего палеозоя на Енисейском кряже, Чадобецком поднятии, западных склонах Восточного Саяна и в других районах Восточной Сибири широко распространены мел-палеогеновые отложения, представляющие собой продукты переотложения мезо-кайнозойских кор выветривания. Нередко среди этих отложений локализуются в виде линзообразных тел каолиновые и каолинит-гиббситовые глины (Верхотуровское, Богородское, Центральное месторождения). Глины содержат 35—50% глинозема и представляют интерес для огнеупорной промышленности. Прогнозные запасы таких переотложенных каолинов и каолинит-гиббситовых глин только на известных участках оцениваются в 50—60 млн. т.

Переотложенные каолины как юрского, так и мел-палеогенового возраста по сравнению с каолинами Украины и Урала в основной массе характеризуются повышенным содержанием красящих окислов, что служит препятствием для их освоения. Рационально разработать эффективные промышленные методы отбеливания каолиновых концентратов.

Промышленные месторождения в Восточной Сибири пока не обнаружены. Наиболее перспективными для дальнейших поисковых работ представляются относительно стабильные тектонические блоки, на поверхности которых под покровом молодых осадков могут сохраниться заслуживающие внимания реликты каолинового элювия, как это имеет место на п-ве Ольхон, Сумарочихинском выступе, в северной части Енисейского кряжа и на Таймыре.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ КАОЛИНОНОСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Необходимость расширения сырьевой базы каолинов на Дальнем Востоке обусловлена неуклонно растущей потребностью промышленности. Весь потребляемый на Дальнем Востоке каолин поступает с Украины и Урала, что сопряжено со значительными затратами. На Дальнем Востоке имеются все благоприятные геологические предпосылки для открытия ряда крупных промышленных месторождений каолинов.

Целенаправленное и планомерное изучение каолинов Дальнего Востока началось в последние 10—15 лет. Выявлен ряд каолиновых месторождений и проявлений в Амурской области и Приморском крае (рис. 52). Среди каолинов можно выделить три основных генетических типа: элювиальный, переотложенный и гидротермальный.

Элювиальные каолины залегают *in situ* и представляют собой продукт химического выветривания алюмосиликатных пород. Залежи их являются фрагментами древних каолиновых кор выветривания, время и этапы формирования которых изучены недостаточно. Можно выделить около пяти эпох каолинообразования, захватывающих интервал геологического времени от юры до четвертичного периода (Кривцов, 1969). Наиболее широко распространены и лучше изучены древние коры выветривания в Ханкайском массиве, особенно в его юго-западной части, где расположена основная часть проявлений элювиальных каолинов Дальнего Востока. Ханкайский массив представляет собой наиболее древнюю структуру платформенного типа в Приморье, консолидация которой завершилась к концу среднего палеозоя. Здесь в условиях теплого и влажного климата мезо-кайнозоя при относительно стабильном тектоническом режиме на обширных пенепленизированных пространствах шло формирование мощного покрова каолиновых кор выветривания. По данным А. К. Мигуты (1963), наибольшей интенсивности процесс выветривания (образование каолиновой зоны) достиг в эоцене и олигоцене (среднеолигоценая кора выветривания).

В. И. Финько и др. (1963) указывают на существование здесь верхнемеловой эоцен-олигоценной коры выветривания. В. А. Тацил-

кин связывает основной этап образования коры выветривания с поздним сеномом и ограничивает его относительно небольшим промежутком времени в 5—7 млн. лет. По-видимому, можно выделить одну эпоху промышленного каоинообразования, охватывающую интервал геологического времени от верхнего мела до середины олигоцена.

Возобновление тектонических движений в миоцене на площади Ханкайского массива привело к эрозии кор выветривания на значи-

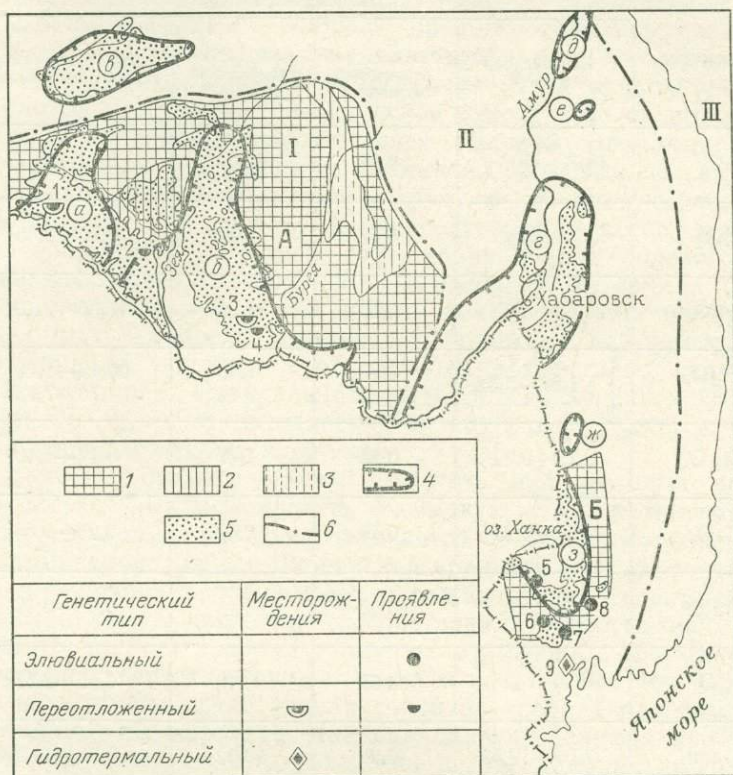


Рис. 52. Обзорная карта размещения месторождения каолинов на Дальнем Востоке (составлена с учетом тектонических построений Л. А. Баскаковой, А. И. Бурдэ, Ю. Я. Громова, Р. Н. Соколова, И. М. Сытина)

1 — фундамент Буреинского (А) и Ханкайского (Б) срединных массивов; 2 — Мамынский выступ фундамента, разделяющий впадины; 3 — Тырно-Буреинский прогиб; 4 — кайнозойские впадины (а — Амуро-Зейская; б — Зейско-Буреинская; в — Верхнезейская; г — Среднеамурская; д — Удмская; е — Хунгарийская; ж — Билинская; з — Приханкайская); 5 — площадь развития палеогеновых и неогеновых осадков; 6 — границы основных геоструктурных зон палеогенового и неогенового осадконакопления, по В. Г. Варнавскому и Г. М. Власову (I — платформенная зона; II — зона внутренних прогибов и межгорных впадин; III — зона окраинного вулканического пояса). Месторождения и проявления: 1 — Чалганское; 2 — Новоивановское; 3 — Святогоровское; 4 — Антоновское; 5 — Ханкайское; 6 — Липовецкое; 7 — Михайловское; 8 — Ретиховское; 9 — Гусевское

тельной территории, в результате чего они сохранились лишь в депрессионных зонах (Приханкайская впадина) под толщей олигоценовых и нижнемиоценовых осадочных образований. В зонах междепрессионных выступов, вдоль бортов палеогеновых депрессий местами отмечаются выходы каолинов на дневную поверхность; они, как правило, представлены нижними горизонтами профиля выветривания — зоной дресвы и имеют ограниченные мощности. В пределах Ханкайского массива выделяются два типа кор выветривания — площадные (25—30 м) и линейные в зонах тектонических нарушений (более 100 м).

Развитие площадных кор выветривания обусловило формирование залежей элювиальных каолинов за счет выветривания различных по составу пород палеозойского фундамента. На площади Ханкайского

массива выделяются залежи элювиальных каолинов по гранитам (Ханкайское и Михайловское месторождения), кварцево-серицитовым сланцам (Чихезовское), аркозовым песчаникам (Реттиховское), диабазовым порфирирам (Ярославское) и другим породам. Химический состав элювиальных каолинов приведен в табл. 71 (в %).

Таблица 71

Компоненты	Месторождение			
	Ханкайское (гранит)*	Реттиховское (аркозовый песчаник)*	Ярославское (диабазовый порфир)*	Чихезовское (кварц- серицитовый сланец)*
SiO ₂	48,72—60,79	58,80	51,90	55,9—64,71
TiO ₂	Не опр.	0,18	1,09	0,70—0,85
Al ₂ O ₃	28,58—33,0	26,15	31,26	17,65—21,96
Fe ₂ O ₃ FeO	} 1,88—5,32	1,90 Следы	1,40 0,12	00,43—1,48 4,78—7,73
MgO		0,12—0,32	0,83	1,07
CaO	0,00—0,25	0,16	0,49	0,28—0,36
Na ₂ O	Не опр.	0,35	0,23	0,09—0,17
K ₂ O	" "	4,57	0,46	0,66—2,67
П.п.п.	7,68—12,59	6,29	12,02	5,75—11,20

* Материнская порода.

Из табл. 72 видно, что каолины относятся к низкокачественному сырью.

Ханкайский массив (особенно юго-западная часть) характеризуется благоприятными условиями выявления промышленных месторождений каолинов. Заслуживают внимания площади развития развития каолиновых кор выветривания по лейкократовым, аляскитовым и грейзенизированным гранитам гродековского интрузивного комплекса. По данным А. К. Мигуты (1963), верхние горизонты коры выветривания гродековских гранитов (зона белых каолинов) характеризуются относительно низким содержанием красящих окислов. Мощность зоны белых каолинов иногда достигает 40—45 м.

Каолиновые коры выветривания отмечаются в Амурской области (Зейско-Буреинская депрессия) и на площади обрамляющих ее структур (Финько, 1960). Здесь они в значительной степени эродированы; на поверхности сохраняются лишь нижние горизонты — зона дресвы. Возраст коры выветривания, послужившей источником материала, заполнившего Зейско-Буреинскую депрессию, по мнению В. И. Финько (1960), поздне меловой. В Амурской области более широким развитием пользуются переотложенные каолины, представляющие собой продукты раз-

мыва и переотложения в континентальных водоемах материала каолиновых кор выветривания. Основные минеральные компоненты элювиальных каолинов присутствуют в переотложенных каолинах. В пределах описываемой территории к переотложенным каолинам отнесены каолинсодержащие пески, залегающие среди рыхлых отложений мезо-кайнозоя, выполняющих Зейско-Буреинскую впадину. Продуктивные горизонты каолинсодержащих песков приурочены к сазанковской и бузулинской свитам (олигоцен — миоцен), представленным переслаиванием глин и каолинсодержащих песков с пластами и пропластками лигнитов и бурых углей. Литологически бузулинская свита отличается от песчано-глинистых отложений сазанковской свиты только присутствием в ее разрезе пропластков бурых углей (Власов, Варнавский, 1966). Сазанковская свита представлена каолинсодержащими песками с гравием и галькой, прослоями светло-серых, реже темно-серых глин и пластами лигнита. По составу каолинсодержащие пески этой свиты кварц-полевошпатовые, среднее содержание в них полевого шпата обычно не превышает 15—20%, а каолинитового материала 10—15%. Отложения сазанковской свиты имеют почти повсеместное развитие в пределах Амуро-Зейского междуречья, занимают центральную часть Зейско-Буреинской впадины и обнажаются в береговых склонах рек Амуре, Зеи и Буреи. Центральная часть Зейско-Буреинской впадины (Амуро-Зейское и Зейско-Буреинское междуречья) является перспективной на переотложенные каолины.

На Дальнем Востоке можно выделить ряд молодых впадин — Верхне-Зейскую, Средне-Амурскую, Удымскую и др. Комплекс выполняющих их осадков значительно отличается от Зейско-Буреинской впадины. Формирование Зейско-Буреинской впадины и ее заполнение происходило в условиях платформенного режима, где относительно медленные тектонические движения способствовали образованию довольно выдержанных пластов песчано-глинистых отложений, сформированных за счет эрозии и переотложения продуктов каолиновых кор выветривания. Другие впадины представляли собой внутренние прогибы и межгорные впадины, где характер осадконакопления занимал промежуточное положение между платформенными и геосинклинальными бассейнами. Доказательством являются значительные мощности палеогеновых отложений в этих впадинах (1000—3000 м) по сравнению с Зейско-Буреинской впадиной (300—400 м). Возможность образования в таких условиях выдержанных залежей переотложенных каолинов сомнительна. Приханкайская наложенная впадина в Приморье по условиям формирования и литологическому составу выполняющих ее осадков очень близка к Зейско-Буреинской и является перспективной на переотложенные каолины, хотя в ее пределах не вскрыто ни одной промышленной залежи переотложенных каолинов. Большого внимания заслуживает песчано-глинистая усть-давыдовская свита (нижний — средний миоцен), имеющая широкое распространение.

Гидротермальные каолины представляют собой продукты гидротермального метасоматоза кислых эффузивных образований типа риолитов, дацитов, кварцевых порфиров и др. Приморье является перспективным в отношении выявления залежей гидротермальных каолинов. Пока изучено одно Гусевское месторождение.

ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ КАОЛИНЫ

Промышленных месторождений элювиального типа на Дальнем Востоке нет. Отдельные залежи элювиальных каолинов могут рассматриваться как проявления. Михайловское каолинопроявление расположено в 6 км северо-восточнее пос. Михайловского. Оно приурочено к выступу Ханкайского массива, разделяющему Чихезовскую и Раковскую

палеогеновые депрессии. Каолиновая залежь, генетически связанная с корой выветривания биотитовых гранитов, располагается в северном борту Раковской депрессии и частично перекрыта песчано-галечниковыми отложениями сайфулинской свиты. Мощность зоны каолинизации здесь достигает 60—80 м.

Средний химический состав михайловского каолина-сырца, по В. С. Коренбауму, следующий (в %): SiO_2 64,22; TiO_2 0,15; A_2O_3 22,49; Fe_2O_3 0,99; FeO 1,32; MnO 0,01; MgO 0,39; CaO 0,62; Na_2O 0,15; K_2O 1,13; п.п.п. 8,82.

В нем преобладают каолинит (58%), кварц (30%) и гидростлюда (10%).

Результаты технологических испытаний проб обогащенного михайловского каолина приведены в табл. 72. Михайловский каолин отно-

Таблица 72

Показатели	Значение	
Пластичность	10—17	
Формовочная влажность, %	21—40	
Огнеупорность, °С	1420—1610	
Интервал спекания, °С	1090—1180	
Воздушная усадка, %	3—11,2	
Общая усадка, % при 1000°С	4,6—8,6	
	1100 "	8,6—16,6
	1200 "	13,0—16,8
	1300 "	13,0—17,6
Водопоглощение, % при 1000°С	17—22	
	1100 "	4—12
	1200 "	0,15—4,8
	1300 "	0,8—4,8

сится к низкокачественному сырью и может использоваться при изготовлении грубой керамики.

Каолиновые залежи, подобные Михайловской, отмечаются в ряде пунктов Ханкайского массива.

Качество каолинов не превышает пределов, свойственных каолинам Михайловского проявления, поэтому ни одна из выявленных залежей не может быть рекомендована для детальной разведки. Поиски залежей элювиальных каолинов более высокого качества не дали результатов.

ПЕРЕОТЛОЖЕННЫЕ КАОЛИНЫ

Чалганское месторождение каолинсодержащих песков (переотложенных каолинов) расположено вблизи ж.-д. разъезда Чалганы Тыгдинского района Амурской области; в структурном отношении оно приурочено к северо-западной части Зейско-Буреинской депрессии (рис. 53). Продуктивная толща приурочена к песчано-глинистым отложениям сазанковской свиты (миоцен), достигающим на территории месторождения мощности 30 м. Каолинсодержащие пески слагают крупное пластобразное тело, мощность которого изменяется от 1 до 17,5 м. Геологоразведочными работами, проведенными в 1963 г. К. М. Бодровым и В. Д. Титаевым, оконтурено несколько залежей каолинсодержащих песков. Запасы месторождения оцениваются по категориям $A+B+C_1$ в 33 664 тыс. т.

Чалганские пески кварц-полевошпат-каолиновые, содержание каолинового материала в них 24—44% (среднее 32%).

Химический состав каолинсодержащих песков Чалганского месторождения следующий (в %): SiO_2 78,85—78,95; TiO_2 0,17—0,25; Al_2O_3 12,90—13,53; Fe_2O_3 0,32—0,40; Na_2O 0,32—0,26; K_2O 2,05—2,27; п.п.п. 4,23—3,95.

В сыром виде каолинсодержащие пески не могут быть использованы. Промышленное применение их возможно после обогащения и получения двух ценных концентратов — песчаного и каолинового. Средний выход каолина изменяется в зависимости от гранулометрического состава исходных песков. В. И. Финько (1960) указывает, что наиболее высокое содержание каолина отмечается в мелкозернистых песках (среднее 37%). В разнозернистых песках выход каолина уменьшается до 27—31%, в крупнозернистых составляет 16%.

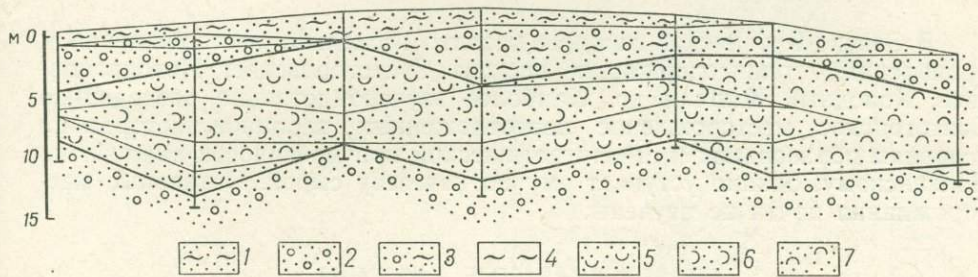


Рис. 53. Литолого-качественный профиль Чалганского месторождения, Южный участок (по материалам Д. З. Залева)

1 — суглинок песчаный, темно-серый; 2 — песок разнозернистый, гравелистый, серый, местами ожелезненный; 3 — песок разнозернистый, глинистый, серый, с галькой и гравием; 4 — глина каолиновая, светло-серая; 5 — каолин I сорта (белизна 88%); 6 — каолин II сорта (белизна 85—88%); 7 — каолин III сорта (белизна 75—85%)

Средний химический состав обогащенного каолина, по данным 1170 анализов, приводится в табл. 73.

Таблица 73

Содержание, %	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	$\text{CaO} + \text{MgO}$	П.п.п.
От	50—	0,35—	31—	0,6—	0,11—	1,1—	0,0	9,0—
До	—55	—0,45	—34	—0,8	—0,24	—3,18	0,5	—11,0
Среднее	52	0,40	32	0,7	0,20	2,25	0,3	10,0

Фракционный состав обогащенного каолина следующий (в %): $>0,05$ мм 3; 0,05—0,01 мм 23; 0,01—0,005 мм 15; 0,005—0,001 мм 37; $<0,001$ мм 22.

Огнеупорность более 1750°C ; плотность $2,64$ г/см³; белизна сухого каолина 69,7—90,8% (в среднем 83%). Результаты керамических испытаний трех проб каолинового концентрата сведены в табл. 74.

Результаты испытаний позволяют судить о том, что по своему качеству чалганский обогащенный каолин превосходит уральские и несколько уступает украинским каолинам. Обогащенный каолин Чалганского месторождения может применяться в производстве сантехфаянса, полуфарфора, облицовочных плиток, технического фарфора, высоковольтных изоляторов и как наполнитель в бумажной промышленности. Чалганское месторождение является комплексным (пески и каолины).

Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Температура, обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Объемная масса, г/см ³	Предел прочности, г/см ²	Цвет черепка
				на холоде	при кипячении			
25,1—31,2	5,3—5,9	1050	7,5—8,1	24,8—33,2	25,5—33,3	1,42—1,59	70—120	Белый
		1100	8,4—8,7	23,4—32,1	24,2—33,0	1,45—1,63	—	"
		1150	10,4—12,6	14,4—26,3	15,1—27,2	2,56—1,92	140—190	"
		1200	11,9—12,7	14,5—22,5	15,3—23,3	1,68—1,91	—	"
		1250	13,1—14,2	9,7—20,4	10,5—21,4	1,71—2,09	190—310	"
		1300	15,0—16,7	7,9—14,5	8,4—15,6	1,89—2,18	—	"

В Зейско-Буреинской впадине развито несколько месторождений и проявлений каолинсодержащих песков: Святогорское, Новоивановское, Холодный Ключ и др. Наиболее изучено детально разведанное Святогорское месторождение переотложенных каолинов, которое по условиям образования и стратиграфической приуроченности аналогично Чалганскому, однако уступает ему по качеству сырья. Остальные месторождения почти не изучены.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ КАОЛИНЫ

Гусевское месторождение расположено на западном берегу Амурского залива, в 3 км от д. Гусевка и в 24 км западнее ж.-д. ст. Веневитиново. Промышленная залежь каолинизированных пород (фарфоровый камень) образована за счет гидротермального метасоматоза дацитовых порфиров верхнемеловой субинтрузии, прорывающей отложения верхнего триаса (рис. 54). Явление метасоматоза отчетливо наблюдается в виде вертикальной и горизонтальной зональности, при этом выделяются следующие фациальные зоны (снизу вверх): 1) пропиллитовая; 2) пропиллитовая с сидеритом; 3) гидрослюдистая (серицитовая); 4) серицит-каолинитовая и каолинит-серицитовая и их переходные разновидности; 5) каолинитовая (диккитовая). Мощность зоны измененных пород не определена, так как скважина глубиной 200 м остановлена в гидротермальноизмененных дацитовых порфирах.

Изучение вещественного состава каолинизированных дацитовых порфиров Гусевского месторождения позволило выделить три разновидности: бесщелочные ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 0,5\%$), нормальной щелочности ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,5—3\%$) и щелочные ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 3\%$). Повышенное содержание в них щелочей обусловлено присутствием гидромусковита и альбита.

Результаты керамических испытаний показывают, что по физико-технологическим свойствам (усадке, механической прочности на изгиб, белизне и просвечиваемости) опытные массы, состоящие на 50% из гусевого камня, соответствуют лучшим мировым образцам твердого фарфора. Фарфор высшего качества с белизной 76% (температура обжига 1410°С) получается в случае применения бесщелочных разновидностей.

Использование разновидностей с нормальной щелочностью позволяет получить фарфор I сорта с белизной до 71%. Минеральный и химический состав разновидностей Гусевского камня приведен в табл. 75 (в %).

Подсчитанные запасы для фарфоро-фаянсовой промышленности составляют 529 тыс. т, для электротехнической — 353 тыс. т. Суммарные запасы оцениваются в 3 млн. т.

Таким образом, фарфоровый камень Гусевского месторождения является высококачественным сырьем, имеющим исключительное значение для развития фарфоровой промышленности на Дальнем Востоке.

Запасы каолинового сырья могут быть значительно расширены за счет открытия новых месторождений. Благоприятна в этом отношении область развития молодого вулканизма в пределах Сихотэ-Алинской складчатой зоны. Не исключена возможность выявления промышленных залежей гидротермальных каолинов на территории Сахалина, Камчатки, Курильских островов (Тихоокеанская геосинклиальная область).

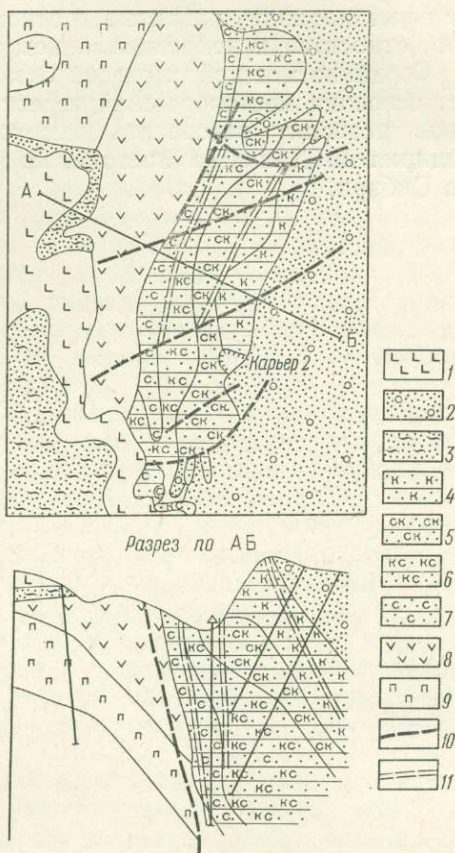


Рис. 54. Геологическое строение Гусевского месторождения (по материалам В. С. Коренбаума и др.)

1 — плиоценовые базальты и их туфы; 2 — миоцен (усть-суйфуинская свита), песчано-пелловые отложения с галькой; 3 — верхний триас (монгуайская свита), переслаивание песчанков, аргиллитов, углистых пород; гидротермальноизмененные дацитовые порфиры, фациальные зоны: 4 — каолинитовая; 5 — серицит-каолинитовая; 6 — каолинит-серицитовая; 7 — серицитовая; 8 — дацитовые порфиры, пропилитизированные; 9 — пропилиты; 10 — разрывные нарушения; 11 — зона повышенной трещиноватости

Таблица 75

Компоненты	Разновидности гусевского камня				
	бесщелочной	Нормальной щелочности		щелочной	
		обр. 27	обр. 30	обр. 31	обр. 28
Кварц	56	50	55	45	40
Каолинит	40	25	20	—	4
Гидромусковит	2	22	23	27	32
Альбит	2	3	2	28	24
SiO ₂	77,1	74,99	77,22	76,85	74,95
TiO ₂	0,17	0,18	0,18	0,20	0,22
Al ₂ O ₃	15,92	17,55	15,47	14,49	15,20
Fe ₂ O ₃	0,19	0,39	0,27	0,29	0,36
CaO	0,60	0,49	0,67	0,61	0,73
MgO	0,13	0,17	0,10	0,21	0,29
K ₂ O	0,15	0,90	2,02	2,27	2,01
Na ₂ O	0,15	0,30	0,20	3,20	2,82
SO ₃	0,16	0,10	0,12	—	—
П.п.п.	5,15	3,88	3,89	1,87	3,28

На Дальнем Востоке можно выделить два основных промышленных типа каолинов — переотложенные и гидротермальные. Переотложенные каолины (каолинсодержащие пески), промышленные перспективы которых в основном связаны с зоной Зейско-Бурейской депрессии, представляют собой основную сырьевую базу каолинов Дальнего Востока. Гидротермальные каолины можно рассматривать как сырьевую базу тонкокерамического и электротехнического производства. Элювиальные каолины, развитые в основном в пределах Ханкайского массива, относятся к непромышленному типу.

Создание мощной сырьевой базы каолинов на Дальнем Востоке за счет освоения месторождений переотложенных и гидротермальных каолинов позволит обеспечить высококачественным сырьем не только предприятия Дальнего Востока, но и ближайших экономических районов Сибири.

ЩЕЛОЧНЫЕ КАОЛИНЫ СССР

Растущие потребности промышленности СССР в высококалийном и полевошпатовом сырье не могут быть полностью удовлетворены за счет пегматитовых месторождений. При поисках новых перспективных источников сырья особое внимание исследователей привлекают нижние горизонты кор выветривания пород, содержащих калиевые полевые шпаты (нормальные и щелочные граниты, их эффузивные аналоги, мигматиты, аркозы и др.). По существу это один из самых перспективных промышленногенетических типов месторождений высококалийного полевошпатового сырья (Магидович, 1963, 1964, 1971).

В процессе каолинизации из нижних горизонтов кор выветривания интенсивно выносятся вредные, с точки зрения керамического производства, примеси: окиси железа, кальция, магния и частично натрия, в результате чего наблюдается обогащенность окисью калия.

Такие образования называются щелочными каолинами (Магидович и Сивоконь, 1968). Это название не отражает минерального состава сырья, так как носителем окиси калия в щелочных каолинах может быть не только калиевый полевой шпат, но и серицит, также представляющий интерес для промышленности (Магидович, 1963).

При размыве и переносе материала древних кор выветривания с последующим его отложением образуются каолинсодержащие пески и песчаники, которые наряду с кварцем содержат зерна калиевого шпата.

Осадочные породы такого типа можно рассматривать в качестве щелочных переотложенных каолинов. По внешнему виду они близки к элювиальным каолинам, отличаются только ясно выраженным горизонтальным расположением уплощенных зерен минералов. Осадочные микроклинсодержащие каолины, как правило, богаче кварцем и рудными минералами (Магидович и Ревнивцев, 1966; Крамаренко, 1968).

КЛАССИФИКАЦИЯ ЩЕЛОЧНЫХ КАОЛИНОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ СОСТАВА

Можно выделить три типа щелочных каолинов: 1) микроклин-кварцевые на гранитах (Дубровское, Просяновское, Западно-Дибровская залежь, Глуховецкое, Екатериновское, Мануильское; Тиршенройт в ФРГ) и кварц-серицитовые (Лазанки в ЧССР); 2) микроклин-кварцевые на мигматитах (Белая Балка, Скидяновское, Глуховецкое); 3) микроклин-кварцевые на аркозах (Кампановское, Чалганское; Хиршау-Шнайтенбах, Вейерхаммер, Кольберг, Штейнфельс в ФРГ; Десиз во Франции).

Перечисленные щелочные каолины относятся к экзогенным образованиям. Известны щелочные каолины гидротермального генезиса, имеющие промышленное значение, это серицитовые каолины на эффузивах — андезитах (Итайа в Японии).

Лучше всего изучены элювиальные микроклинсодержащие каолины, являющиеся в СССР основным перспективным промышленным типом,

Установлено (Магидович и Сивоконь, 1968), что они представляют собой зональные образования, характерные для каолинового профиля выветривания всех гранитов (исключая их натриевые разновидности — плагиограниты и адамеллиты), а также мигматитов и пегматитов.

При выветривании кислых гранитоидов образуются (Магидович и Сивоконь, 1968) четыре зоны: 1) дресва; 2) каолины, обогащенные гидратированным биотитом и мусковитом; 3) щелочные микроклинсодержащие каолины; 4) собственно каолины, в которых у контакта с покрывающими породами часто наблюдается зона инфильтрационных изменений, выраженная затеками лимонита, выделениями карбонатов в виде мучнистых примазок, реже конкреций. Характер контактов щелочных каолинов с другими зонами профиля выветривания весьма невыдержанный, извилистый. Среди микроклинсодержащих каолинов встречаются останцы дресвы и линзы собственно каолинов или гидрослюдистых каолинов; это объясняется неравномерным проявлением процесса каолинизации. Во многих случаях зона собственно каолинов размыта, ввиду чего щелочные каолины залегают непосредственно под четвертичными и неогеновыми отложениями.

Макроскопически типичный микроклинсодержащий каолин — серовато-белая или белая рыхлая порода, отличающаяся от нормального каолина наличием легко растирающихся пальцами белых полевошпатовых зерен (содообразный каолин). Изредка в породе среди каолиновой массы встречаются блестки серицита или гидробиотита, к нижнему контакту зоны чешуйки последнего становятся более частыми и упругими.

Структура породы реликтовая (гранитная, пегматитовая или мигматитовая), довольно часто полосчатая, обусловленная текстурами исходных пород. У верхнего контакта при переходе к собственно каолину полуразрушенный белый микроклин содержится обычно гнездами, причем вверх по разрезу количество и размер их резко убывают.

Установлено (Магидович и Сивоконь, 1968), что основными химическими особенностями щелочных микроклинсодержащих каолинов являются: пониженные потери при прокаливании, ничтожное содержание титана и сравнительно высокий процент щелочей при резком преобладании окиси калия (табл. 76).

Все элементы, входящие в состав исходных алюмосиликатов (кроме алюминия и титана и части кремния, в условиях каолинового выветривания выщелачиваются, однако порядок выноса не всегда соответствует химической активности элементов, так как во многом определяется устойчивостью тех или иных минералов. Следствием этого является относительное накопление калия в промежуточной зоне профиля выветривания в составе микроклина и слюд¹.

Содержание K_2O в материнских породах обычно составляет 3—4%, увеличиваясь в дресве до 5—6% и несколько снижаясь (3—4%) в щелочных каолинах; в собственно каолинах содержание K_2O резко (в 15—20 и даже 30 раз) падает, не превышая 0,2—0,5%. Содержание Na_2O уменьшается в 5—10 раз при переходе от дресвы к щелочным каолинам. Поэтому калиевый модуль в неизменных гранитоидах близок к 1, в дресве достигает 2—3, в щелочных же каолинах, за редким исключением, он резко возрастает до 10 и более и не бывает меньше 4—5.

Переход от материнских пород к щелочным каолинам сопровождается резким изменением в содержании щелочноземельных окислов, количество их уменьшается в 3—5 раз, достигая 0,5—0,8%. Иногда про-

¹ Накопление калия в зоне щелочных каолинов следует считать относительным, ибо общее его содержание здесь меньше, чем в коренных породах. Явление это обусловлено интенсивным выносом других элементов, в первую очередь натрия, щелочных земель, железа и связанного с алюмосиликатами кремния.

Химический состав щелочных каолинов-сырцов отечественных и зарубежных месторождений (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	68,97	72,00	70,77	69,25	75,72	87,01	84,01	79,79	69,42	74,03	83,63	84,04	75,46	70,17	46,50	78,55
TiO ₂	0,23	0,22	0,28	0,35	0,22	0,03	Следы	0,14	0,16	0,21	0,11	0,22	0,05	0,36	0,10	0,10
Al ₂ O ₃	18,85	17,85	18,71	14,20	5,28	10,55	11,96	18,50	18,05	16,05	9,56	8,30	14,05	17,88	37,01	12,73
Fe ₂ O ₃	0,82	0,59	0,42	0,60	0,23	0,13	0,18	0,85	0,27	0,32	0,11	0,40	0,64	0,65	0,69	0,17
FeO	—	—	—	—	—	—	—	0,36	—	—	—	0,12	—	0,26	Her	—
CaO	0,86	0,17	0,35	0,47	0,47	2,91	0,49	0,13	0,25	0,23	0,05	0,27	0,79	0,17	0,43	0,30
MgO	0,17	—	0,22	0,16	0,14	0,21	0,21	Her	0,17	0,17	0,07	0,49	0,55	0,25	0,95	0,20
H ₂ O	4,27	4,84	3,87	4,91	5,74	2,54	1,54	3,90	7,22	5,14	4,95	3,84	5,10	4,09	5,83	5,27
Na ₂ O	0,37	0,37	0,20	0,51	0,50	0,54	0,08	0,47	0,34	0,25	0,22	0,21	0,61	0,07	0,54	0,32
П п.п.	5,35	4,02	4,77	4,24	3,06	1,81	2,90	2,22	3,58	3,53	1,35	1,76	2,30	4,90	7,30	2,10
Сумма	99,89	100,06	99,59	99,34	100,26	100,47	99,96	99,82	99,91	99,93	100,05	99,65	99,55	98,80	99,35	99,74

Месторождения: 1 — Дубровское; 2 — Западно-Дибровская залежь Просяновского; 3 — Вершинская залежь Просяновского; 4 — Мануильское; 5 — Екатериновское; 6 — Кампановское; 7 — Чалганское; 8 — Тырма; 9—10 — Тиршенрейт (ФРГ); 9 — Карьер Раппауф; 10 — Карьер Шмелитц; 11 — Вейерхаммер (ФРГ); 12 — Красный Двор (ЧССР); 13 — Седлец (ЧССР); 14 — Лазанки (ЧССР); 15 — Итайя (Япония); 16 — Джоу-Броун Кэньон (США).

исходит вторичное обогащение щелочных каолинов CaO , видимо, за счет гидрокарбоната кальция, заносимого грунтовыми водами. Содержание железа в щелочных каолинах резко снижается. Бывают случаи привноса Fe_2O_3 , им насыщается глинистая составляющая порода. Количество кремнезема в щелочных каолинах остается почти таким же, как у материнских пород; некоторое снижение объясняется разрушением плагиоклазов при выветривании.

Химический состав щелочных каолинов на каждом месторождении невыдержан. Главные компоненты (SiO_2 , Al_2O_3) по отдельным пробам отличаются на 3—5%; в тех же пределах изменяется и K_2O .

Основные порообразующие минералы щелочных каолинов — кварц, каолинит и микроклин. Содержание кварца колеблется от 35 до 50%, каолинита — от 20 до 40%, микроклина — от 10—15 до 25—30%. В небольших количествах (3—10%) в породе встречаются гидробиотит и серицит; иногда их содержание возрастает до 30—40%. Слюды и гидроокислы железа — основные носители железа в щелочных каолинах. Из других минералов характерны карбонаты и альбит (не более 2%).

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЯ, МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ, ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ КОНЦЕНТРАТОВ

Щелочные каолины в СССР пока еще не используются. На Дубровском месторождении полевошпато-кварцевые отходы обогащения частично уходят в отвал, каолиновый концентрат используется для производства фарфора. Щелочной каолин-сырец Хмелевского месторождения применяется для получения огнеупорного кирпича.

За рубежом этот вид нерудных полезных ископаемых довольно часто применяется в необогащенном виде для производства стеновых плиток, получения керамических красок, вводится в состав некоторых глазурей; гидротермальный каолин-сырец находит употребление в бумажном производстве. Большая часть добываемого за рубежом щелочного каолина обогащается, в результате чего получают различные концентраты: кварцево-микроклиновый, микроклиновый, каолиновый и кварцевый. Схема обогащения щелочных каолинов отличается от схемы переработки монолитных полевошпатсодержащих пород (Афанасьева и Ревнивцев, 1966): 1) отсутствием операций крупного, среднего и мелкого дробления, так как исходное сырье, как правило, представлено рыхлой, слабо связанной массой и легко поддается дезинтеграции; 2) введением промывки, которая является одним из основных, а в большинстве случаев единственным процессом обогащения.

Наиболее универсальной схемой обогащения щелочных каолинов (Магидович и Ревнивцев, 1966) следует считать флотационную. Для отделения песчаной части от каолиновой составляющей применяется операция дезинтеграции, осуществляемая в скруббере или дезинтеграционном барабане. С дезинтеграцией обычно совмещается отсеивание грубодисперсной фракции +3 (или +1) мм путем применения скруббер-букеты или установкой на выходе из дезинтеграционного барабана вращающегося сита; можно использовать и виброгрохот. Для очистки поверхности зерен микроклина и кварца в схему вводится специальная операция, осуществляемая механической оттиркой в пропеллерных мешалках или перетиркой в мельнице. После дезинтеграции и очистки поверхности зерен материал промывается в спиральных классификаторах и пропускается через гидроциклоны малого диаметра, мультигидроциклоны и отстойные центрифуги без применения электролитов.

Отделение кварца от микроклина производится флотационным способом; режим флотации разрабатывается для сырья каждого конкретного месторождения отдельно с учетом особенностей его минерального

состава; этот режим рассчитан на сепаратное и другие извлечения окислов, силикатов, карбонатов и др. Для полного извлечения вредных минералов, как правило, используется не один реагент, а смесь нескольких, различных по составу. Флотация обычно производится по коллективной схеме с загрузкой в один цикл реагентов (анионных и катионных). Флотация микроклина производится с применением катионных собирателей типа АНП или его заменителей, а также другими различными реагентами, в том числе реагентами класса алкилпиридинбромидов. Полученный микроклиновый продукт проходит сепарационную очистку от железосодержащих минералов (она может производиться сухим и мокрым способами). Обезвоживание продуктов флотации осуществляется с помощью вакуум-фильтров.

Полученный после гидроциклонов каолиновый концентрат, высушенный с помощью распылительных сушил, используется в различных отраслях керамической промышленности. Основные свойства каолиновых концентратов из щелочного сырья мало чем отличаются от технологических показателей собственно каолинов (Магидович и Сивоконь, 1968): белизна, гранулометрический состав, огнеупорность, пластичность, механическая прочность в воздушно-сухом состоянии, содержание вредных компонентов (Fe_2O_3 , CaO) аналогичны соответствующим показателям каолинов вышележащей толщи. Отличие заключается в постоянном присутствии до 2% щелочей. Получаемый в камерном продукте кварцевый концентрат используется в стекольной, линейной, керамической и других отраслях промышленности. В зависимости от специфических требований каждого потребителя он подвергается доводке — очистке от пленок гидроокислов железа, удалению зерен с включениями темноцветных минералов, классификации на узкие группы крупности, доизмельчению до 0,06 мм.

Главным полезным компонентом элювиальных щелочных каолинов является микроклин; он используется в фарфоровой, электроизоляционной и абразивной отраслях промышленности и в ряде других производств. Микроклиновые концентраты характеризуются однородным составом, большой суммой щелочей при высоком калиевом модуле, низким содержанием щелочноземельных и окрашивающих окислов; по качественным показателям они значительно выше блокового микроклина из пегматитовых жил (табл. 77).

Извлечение микроклина из щелочного каолина по флотационной схеме в среднем составляет 14—20%, или 140—200 кг на 1 т исходного сырья. Эта схема трудоемкая. Более простая и эффективная схема получения микроклин-кварцевого концентрата путем избирательного измельчения песчаных отходов с последующей промывкой в восходящей струе воды разработана в 1966—1967 гг. институтом «Уралмеханобр». Сущность ее заключается в разделении микроклина и кварца по твердости и удельной массе. При измельчении до 10—20% класса 0,056 мм большая часть микроклина переходит в мелкие фракции.

Обогащенные микроклинкварцевые пески поступают на склад в виде пегматитового концентрата, содержащего 34—45% кварца и 45—50% микроклина; при условии согласия потребителя и незначительных колебаниях количества кварца ($\pm 2\%$) этот материал можно использовать в ряде отраслей промышленности. Схема избирательного измельчения не требует применения дорогостоящих реактивов, химически стойкой аппаратуры и может быть внедрена в производство в короткие сроки без значительных затрат.

Экономические расчеты, выполненные для обоснования строительства обогатительных фабрик в нашей стране (Магидович и Сивоконь, 1968, Козырев, 1970), показывают, что себестоимость колеблется от 5—6 до 70 р. за 1 т в зависимости от содержания полевого шпата в исходном сырье и качества каолина, но во всех случаях она намного ниже

Химический состав микроглиновых, кварц-микроглиновых и каолиновых концентратов из щелочных каолинов отечественных и зарубежных месторождений (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	65,32	64,77	65,04	64,33	66,94	79,60	64,85	48,92	49,30	48,52	46,06	48,17
TiO ₂	Нет	Нет	Нет	Нет	Следы	0,10	Нет	0,32	0,30	0,47	0,62	0,29
Al ₂ O ₃	19,30	18,83	19,06	19,63	18,28	11,77	18,80	37,01	36,20	35,83	37,96	35,85
Fe ₂ O ₃	0,12	0,05	0,14	0,25	0,12	0,14	0,06	0,45	0,40	0,89	0,37	1,17
CaO	0,55	Нет	0,85	0,12	Следы	0,05	0,20	} 0,07	} 0,30	0,50	Нет	0,71
MgO	0,22	0,14	0,05	0,31	0,12	0,26	0,07			0,40	0,49	0,53
K ₂ O	12,17	15,35	14,50	13,60	12,22	7,19	14,49	} 0,25	} 1,15	1,90	1,34	1,37
Na ₂ O	2,16	0,72	0,42	0,90	1,66	0,32	0,98			0,06	0,10	
П.п.п.	0,55	0,23	0,70	0,68	0,31	0,68	0,12	13,00	12,30	11,52	13,09	12,13
Сумма	100,39	100,09	100,76	99,82	99,65	100,11	99,57	100,02	99,95	100,03	99,99	100,32
K ₂ O/Na ₂ O	5,6	21,3	34,5	15,1	7,4	22,5	14,8	—	—	—	—	—

Месторождения (микроглиновые и кварц-микроглиновые концентраты): 1—Дубровское; 2—Западно-Дибровская залежь Просяновского; 3—Вершинская залежь Просяновского; 4—Кампановское; 5—Чалганское; 6—Тиршенрёйт; 7—Хиршау; каолиновые концентраты: 8—Шнайтенбах; 9—Хиршау; 10—Тиршенрёйт; 11—Западно-Дибровская залежь Просяновского; 12—Дубровское

существующих оптовых отпускных цен на микроклиновое сырье (109—150 р. за 1 т), что говорит об эффективности разработки щелочных каолинов.

Требования промышленности к качеству щелочных каолинов пока детально не разработаны. Имеется указание (Козырев, 1970), что в сырце содержание щелочей должно быть не менее 3,5%, при калиевом модуле не ниже 4%; количество микроклина не менее 20%, он должен находиться в породе в виде мономинеральных зерен (без вростков кварца); содержание железа в пересчете на полуторные окислы не более 0,6%; содержание окислов железа и титана, входящих в состав микроклина, не более 0,25%; количество кальция должно быть минимальным.

Минимальное промышленное содержание микроклина в щелочных каолинах по трем определениям (Магидович и Ревнивцев, 1966; Магидович и Макаров, 1967; Магидович и Сивоконь, 1970) колеблется между 4,7 и 13% при условии использования всех компонентов сырья; изменения процента минимального содержания зависят от колебаний оптовых цен, стоимости обогащения 1 т сырья и мощности перерабатывающего предприятия. Из приведенных выше данных следует, что 8% нужно считать наиболее рентабельным минимальным содержанием микроклина в условиях комплексной переработки щелочных каолинов. Существует мнение (Козырев, 1970), что это содержание должно быть увеличено до 20%. Для Просяновского месторождения, согласно решению ГКЗ, минимальное содержание микроклина принято равным 30%. Минимальное промышленное содержание каолина можно не лимитировать, так как переработка щелочных каолинов рентабельна даже без получения каолинового концентрата.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВАЖНЕЙШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

Дубровская группа (Житомирская область, УССР). В строении площади принимают участие главным образом кировоградские порфировидные (местами пегматоидные) и житомирские серые равномернозернистые граниты верхнего архея, а также их мигматиты. На этих породах развиты щелочные каолины мощностью от 1,5 до 10 м и более, перекрытые маломощным (в среднем 3,7 м) слоем четвертичных песков. Наибольший интерес представляют щелочные каолины на пегматоидных кировоградских (собственно Дубровское месторождение) и среднезернистых гранитах житомирского типа (участок Пятилетка). Дубровские каолины в основном имеют белый цвет и характеризуются более высоким содержанием щелочей и меньшим количеством окислов железа, чем сырье участка Пятилетка. Мощность залежи в среднем составляет около 8 м.

На Хмелевском месторождении (Хмельницкая область), имеющем аналогичное геологическое строение и условия залегания, щелочные каолины имеют среднюю мощность 5,6 м; мощность вскрыши 2,4 м.

Песчаная часть щелочных каолинов этих объектов на 70—80% состоит из микроклина и кварца с небольшой (5—10%) примесью крупночешуйчатого мусковита; содержание микроклина в сырце 18—25%, кварца 30—40%. Общие запасы микроклинсодержащего сырья по группе составляют около 25 млн. т.

Просяновская группа (Днепропетровская область, УССР). Щелочные каолины Западно-Дибровской залежи образуют сплошную пластовоподобную толщу в ходе выветривания микроклиновых гранитов и их мигматитов. На месторождении развит линейно-площадный тип коры выветривания при резко меняющейся мощности перекрывающих осадочных отложений кровли.

Микроклинсодержащие каолины мощностью от 2 до 27 м (средняя 12 м) залегают под большой (до 23—25 м) вскрышей и 10—12-метро-

вой толщей собственно каолинов; отдельные блоки щелочного сырья находятся близ поверхности. Песчаная часть щелочных каолинов, представленная микроклином и кварцем, составляет 50—77% (в среднем 60%), в том числе 15—30% микроклина, содержание щелочей (главным образом окиси калия) колеблется от 4 до 12%.

По запасам Западно-Дибровская залежь — крупнейшее месторождение элювиальных каолинов Украины, на щелочные каолины приходится 27,5 млн. т запасов каолина-сырца.

Коренные породы Вершинской залежи — розовые граниты и их мигматиты, они залегают крутонаклонными полосами; в связи с этим щелочные каолины, вскрытые в западной части месторождения, не имеют сплошного развития и мощность их меняется от нуля до 30 м (средняя 8 м). Среднее содержание микроклина в щелочном сырце 25%; песчаная часть (60,7% объема породы) состоит из кварцита (57,4%), микроклина (40,6%) и серицита (2,0%), причем фракции от 0,2 до 0,056 мм почти целиком (70—90%) сложены калиевым полевым шпатом. Запасы щелочных каолинов подсчитаны в количестве 2,5 млн. т; при этом не учитывались отдельные выработки с пониженным выходом керна по нижним горизонтам. Поэтому реальные запасы щелочного сырца могут оцениваться в 4,5 млн. т, а количество микроклина 1,0 млн. т. Месторождение в настоящее время эксплуатируется только на каолин.

Щелочные каолины Мало-Михайловской залежи, эксплуатация которой прекращена в 1965 г., слагают толщу средней мощности 12,3 м (при колебаниях от 3,3 до 20,7 м), имеющую повсеместное распространение на площади 30 га, практически целиком занятой строениями. Содержание микроклина в сырце в среднем составляет 10—15%.

На детально разведанных залежах левого и правого склонов балки Скидяной щелочные каолины имеют ограниченное и невыдержанное распространение.

Сырье первой залежи, содержащее 15% микроклина, может дать около 0,5 млн. т калиевого полевого шпата.

Глуховецкое месторождение (Винницкая область, СССР). На месторождении выделено два участка — Восточный и Западный. Кора выветривания развита по гранитам кировоградского и чудново-бердичевского комплексов, их мигматитам, а также по связанным с ними жилам пегматитов и аплитов. Щелочные каолины залегают в виде жилородных тел под покровом каолинов мощностью от 1,8 до 48,0 м (средняя 17 м). Мощность «жил» щелочного каолина также изменчива: на Восточном участке 1,0—17,2 м, на Западном 2,0—20,8 м. Щелочной сырец содержит 3,7—5,8% щелочей. Выход микроклинового концентрата колеблется от 4 до 12% (в среднем 8%). Запасы щелочных каолинов составляют 5,2 млн. т.

Приазовская группа (Донецкая область, СССР). Щелочные каолины Приазовья развиты на каранских и екатерининских розовых гранитах и их мигматитах. Лучше изучены Мануильское и Екатерининское месторождения, выявленные в 1965 г. близ г. Волноваха, а также месторождение Белая Балка.

Щелочной элювий Мануильского месторождения, развитый на мигматитах, содержит ксенолиты гнейсов и амфиболитов, имеет мощность от 6,6 до 17,2 м (средняя 13,2 м) и залегают непосредственно под вскрышными породами, мощность которых достигает 6,5 м. Щелочной сырец представлен двумя разностями — микроклинсодержащей и гидрослюдистой, в которых калиевый полевой шпат встречается с гидробиотитом; минеральный состав первой разности следующий (в %): микроклина 38,3; кварца 36,6; каолинита 25,1; выход песчаной части около 60%. Запасы щелочного сырца по категории С₁ составляют 8,6 млн. т.

Щелочной элювий Екатерининского месторождения, развитый на гранитах, представлен теми же разностями и слагает три участка — Восточный, Центральный и Песчаный; на Восточном участке средняя мощность вскрыши 3,2 м, щелочных каолинов 20,3 м; на Центральном соответственно 12,2 и 12,0 м; на Песчаном 16,4 и 12,1 м. Несмотря на значительный объем поисковых работ, каолины вскрыты лишь единичными выработками, что с достаточной долей вероятности указывает на линейный характер коры выветривания. Микроклинсодержащий каолин состоит из калиевого шпата (39,0%), кварца (41,5%) и каолинита (19,5%), средний выход песчаной части 62,1%. Запасы Восточного участка 2,4 млн. т, Песчаного 1,1 млн. т.

Месторождение Белая Балка представлено 22-метровой покровной залежью каолинов, приуроченной к коре выветривания докембрийского комплекса кристаллических пород. Щелочные каолины развиты в восточной и центральной частях объекта на розовых микроклиновых гранитах и их мигматитах; мощность этих каолинов составляет 3—8 м. Над ними залегает 10—14-метровая толща нормальных каолинов, перекрывающаяся суглинками и глинами общей мощностью 5—15 м. Запасы щелочного сырья составляют около 5 млн. т. В 1953—1954 гг. разведкой полевошпатовая составляющая каолинов не была оценена, количество щелочей систематически не определялось.

Еленинское месторождение (Челябинская область, РСФСР). Месторождение приурочено к коре выветривания микроклиновых гранитов Джабык-Қарагайского массива. Каолиновая залежь приурочена к тектонической субширотной зоне, проявившейся в рельефе неглубокой депрессией. Форма залежи мульдообразная, глубина каолинизации в центре мульды достигает 90 м.

Щелочной каолин, содержащий 2—3% окиси калия, обнаружен разведочными работами 1958—1959 гг., но его залегание не было уточнено при подсчете запасов. Таким образом, несмотря на четырехкратную разведку месторождение недоизучено. Особенно слабо исследована песчаная часть сырья, в составе которой под микроскопом установлен микроклин.

Полетаевское месторождение (Челябинская область РСФСР). Кора выветривания здесь развита на порфириовидных биотитовых и лейкократовых средне- и мелкозернистых гранитах Челябинского массива, пронизанных кварцевыми и аплит-пегматитовыми жилами. В процессе разведки выделено 29 отдельных залежей каолинов; наиболее крупные имеют 0,7—1,7 км в длину и 0,1—0,7 км в ширину; мощность залежей колеблется от 0,4 до 31 м. Щелочные каолины, названные «полукаолинами», в подсчет запасов не включены из-за недостаточного (50—70%) выхода каолинового концентрата; щелочное сырье не изучено.

Кампановское месторождение (Красноярский край, РСФСР). Каолинсодержащая толща приурочена к горизонтально залегающим осадкам среднеюрского возраста, несогласно перекрывающим гнейсы архея и девонские известняки и песчаники. Она представлена двумя горизонтами каолинов и гидрослюдистых глин; горизонт каолинов мощностью от 1,5 до 30 м сложен гравелитами, разнозернистыми песчаниками, микроклин- и каолинсодержащими песками с пластами и линзами нормальных каолинов и глин.

К щелочным каолинам следует отнести слабо сцементированные микроклин-кварцевые песчаники с каолиновым цементом и каолинсодержащие аркозовые пески; они образуют единую залежь мощностью от 1,5 до 15,5 м. Выход микроклинового концентрата колеблется от 7,6 до 14,2%.

Чалганское месторождение (Амурская область РСФСР). Горизонтальная пластовая залежь разнозернистых каолинсодержащих аркозовых песков неогенового возраста вытянута в меридиональном направ-

лении на 4,0 км при ширине от 0,1 до 0,5 км; мощность ее колеблется от 1,0 до 17,5 м (средняя 7,0); мощность вскрыши 1,0—8,8 м (средняя 4,0 м).

Содержание песчаной основы, т. е. фракции от 10 до 0,006 мм, составляет 70%, на фракцию 1,0—0,88 мм приходится около 60% материала; гравелитистые прослои песков почти лишены микроклина и каолинита; содержание полевого шпата увеличивается в более тонкозернистых фракциях. Средний минеральный состав сырья следующий (в %): кварца 52,8; каолинита 20,0; микроклина 18,0; гидрослюды 8,2; акцессорных минералов 1,0. Запасы сырья достигают 33,9 млн. т, в том числе 2,9 млн. т микроклина.

Обогащение сырья намечено производить по комбинированной схеме: каолин отделять гравитационным способом, микроклин от слюды и кварца флотацией. Выход микроклина из песков колеблется от 8,1 до 14,7%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ

Щелочной элювий является составной частью каолининовой коры выветривания, поэтому поиски новых месторождений описываемого вида сырья целесообразны там, где есть достаточно мощная кора выветривания гранитоидов; поиски должны вестись на основе крупномасштабных прогнозных карт коры выветривания; эти карты необходимо составлять с учетом петрографических особенностей материнских пород (Магидович и Сивоконь, 1970).

В настоящее время геологическая изученность кор выветривания на территории СССР позволяет в достаточной степени уверенно дать оценку перспективности на щелочные каолины ряда регионов.

В Карелии, в окрестностях Сегозера, отмечены (Пекки, 1966) разрозненные участки древних кор выветривания, развитых по гранитам. Щелочные каолины этого района при высоком содержании щелочей (от 4,90 до 7,94%) и большом калиевом модуле (от 4,4 до 43,1) характеризуются весьма значительным количеством окрашивающих и щелочноземельных окислов (соответственно от 1,70 до 4,82% и от 2,15 до 5,73%). Район Сегозера является неперспективным.

На Украине известно большое количество проявлений щелочных каолинов. В Ровенской области, близ г. Клесов, под 2-метровой вскрышей встречены щелочные каолины, залегающие на граните в виде линз (4,0 м); сырец содержит 2,2—7,8% щелочей.

В Хмельницкой области до 1956 г. разрабатывалось Вербицкое месторождение каолинов, характеризующихся небольшими (5,9—9,4%) потерями при прокаливании, высоким (33,9%) остатком на сите 900 отв/см². Эти данные позволяют отнести сырье объекта к щелочной разновидности. Мощность каолина 2,0—9,0 м (средняя 4,1 м); глубина залегания 1,9 м. Щелочные каолины у с. Новаки и хутора Есенцы мощностью 3—4 м имеют высокое содержание щелочей (4,6—5,3%).

В действующих карьерах по добыче каолинов (сёла Купино, Судимонт и др.) в составе сырца выявлен калиевый полевой шпат. К югу от ст. Майдан-Вила перспективы нахождения крупных месторождений микроклинсодержащих каолинов значительно снижаются, так как здесь развиты биотитовые гнейсы. В этом районе (судя по разрабатываемому на каолин Хмелевскому участку) могут быть встречены промышленные залежи щелочных каолинов. Особенно перспективна территория к северу от с. Майдан-Вила, где развиты породы гранитоидного состава.

В Житомирской области насчитывается десять проявлений щелочных каолинов: Житомирское I и II, Каменно-Бродское, Крошанское, Курманское, Михайловское, Смоковское, Старо-Корицкое, Ушично-Киянское и Чигиринское. Большинство из них залегает под небольшой

(в среднем 2,8 м) вскрышей (исключение составляют первые два проявления; вскрыша 7—10 м). Каолины, развитые главным образом по гранитам и аплит-пегматитам, имеют мощность от 0,5 до 12,0 (средняя около 4,0 м); содержание щелочей в сырье колеблется от 2,3 до 7,5%.

В Кировоградской области известно несколько участков. Вершино-Каменский участок расположен на левом склоне долины р. Каменка, в 6 км западнее ж.-д. ст. Чабановка. Щелочные каолины, встреченные в обнажении и подсеченные тремя скважинами, развиты по крупнозернистым и порфириновидным гранитам митрофановского типа на площади 3 км²; сырье залегает в основном на глубине 12,5—22,5 м и характеризуется высоким (6,1%) содержанием окиси калия при большом (19,7) калиевом модуле; выход песчаной части, примерно на 50% сложенной белым микроклином, составляет 60,6%; средняя мощность щелочных каолинов 7,3 м.

Каолины Ворошиловского проявления, расположенного в 15 км юго-западнее ж.-д. ст. Долинская, развиты по гранитам, залегают под 1,5-метровой вскрышей и имеют мощность 5,0 м. Сырье содержит 6,0% щелочей и 4,9% песчаной части при низком (0,34%) содержании окислов железа.

Ново-Егоровский участок приурочен к южной окраине одноименного села (в 10 км юго-западнее ж.-д. ст. Плетеный Ташлык). Здесь на левом склоне Сотницкой балки на площади 9,6 га обнажаются щелочные каолины (видимая мощность 1,0 м) с крупными зернами кварца и белого микроклина; материнские породы — трахитоидные граниты; выход песчаной части, содержащей 6,7% K₂O, составляет 56—66,0%.

В средней и западной частях с. Леонтовичено (в 12 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Ново-Украинка) встречен ряд выходов щелочных каолинов; видимая мощность этих пород, образовавшихся на трахитоидных гранитах, достигает 2—2,5 м; содержание щелочей составляет 4,7—8,6%; выход песчаной фракции 55—66%.

В районе сел Подгайцы, Рожнатовка, Ново-Васильевка и Кондауровка, в 12—15 км к северу от г. Кировограда, по р. Кондауровские Воды и впадающим в нее балкам обнажаются щелочные каолины, развитые по порфириновидным гранитам кировоградского типа. Для них характерно наличие большого количества белых кристаллов микроклина размером 0,5—1 см и более (содержание окиси калия 4—5%, выход песчаной фракции 65%). Скважины, пройденные восточнее с. Подгайцы, на глубине 8—14 м подсекли аналогичные щелочные каолины; мощность зоны каолинизации не установлена.

В заброшенном карьере, в 16 км от ж.-д. ст. Кирово-Украинское, близ с. Лозоватка, а также южнее его по балке обнажаются щелочные каолины со значительным количеством белых зерен микроклина; породы залегают на мелко- и среднезернистых биотитовых гранитах житомирского типа. Каолин-сырец содержит 5,8% щелочей; песчаная часть, составляющая 68%, — 8,8% K₂O + Na₂O.

Юго-Восточнее с. Олимпиадовка (в 15 км южнее ж.-д. ст. Королевка), в небольшой балке под каолинами мощностью 10 м обнажается 3-метровая толща щелочных каолинов, образовавшихся по аплитовидным гранитам днепровского типа; содержание K₂O в сырье 7,6%; в песчаной части 10,1%.

Щелочная кора выветривания Молодецкого месторождения (в 6—7 км юго-западнее ст. Медерово), развитая на средне-крупнозернистых биотитовых гранитах житомирского типа, представлена микроклинсодержащими каолинами средней мощностью 7,4 м, залегающими под 6—8-метровой вскрышей; сырец содержит до 6,2% окиси калия, песчаная часть (выход ее 71,2%) — 80% K₂O.

Аналогичный щелочной элювий встречен в районе г. Новая Прага. В районе с. Софиевка (южнее г. Ново-Украинка) выявлены каолиновые

аркозовые пески, которые залегают на дресве трахитоидных гранитов. Они состоят из микроклина, кварца, каолинита и рудных минералов; выход песчаной составляющей (фракция $>0,056$ мм) 53,8%, она содержит 9,25% K_2O и 2,0% окиси железа. Рудные материалы концентрируются во фракции 0,056—0,30 мм. Видимая мощность пласта песков 1,5 м.

Близ с. Шевченково обнаружены элювиальные каолины мощностью 18,6 м, залегающие под четвертичными и неогеновыми отложениями (21,4 м) и образовавшиеся по сиенитам (метасоматитам). Площадь развития: длина 3 км, ширина от нескольких десятков метров до 1,5 км. Содержание щелочей в сырье колеблется от 1,1 до 11,3%.

Каолины (в том числе щелочные) видимой мощностью до 6—7 м залегают под 10—15-метровой вскрышей на Покровском проявлении (в 10 км юго-восточнее Кировограда); материнская порода — гранит. Щелочной сырец содержит щелочи (2,47%) и песчаную фракцию (4,40%), выход которой составляет 54%.

В районе сел Благодатное и Остаповка (Николаевская область) щелочные каолины, образовавшиеся по порфиридовидным среднекрупнозернистым и пегматоидным гранитам, имеют мощность 10,3—30,0 м; глубина залегания 6,5—21,7 м; содержание щелочей колеблется от 4,8 до 10,5%. Близ с. Остаповка видимая мощность каолин-микроклиновых песков, содержащих до 7,2% окиси калия, достигает 3 м.

Щелочные каолины выявлены на ряде участков Просяновской группы: Восточно-Дибровском, Межинском, Мечетном, Гавриловском, Киричковском, Москальцевском и Берестовском; общие запасы предварительно оценены в 130 млн. т. Они развиты также на Гейковском месторождении, но не изучены; известно лишь, что содержание щелочей в сырье достигает 2,8%.

При проведении в 1965 г. поискового бурения у с. Ново-Гупальщина на площади 3 км² были вскрыты щелочные каолины мощностью 4,9—7,6 м, содержащие 2—4% K_2O . Изучено месторождение по отдельным пробам.

В районе г. Синельниково под 34—43-метровой вскрышей встречены элювиальные каолины мощностью 18,0—28,0 м, развитые по гранитам днепровского и житомирского комплексов и их мигматитам. Содержание щелочей не определялось; щелочность установлена по пониженным потерям при прокаливании отдельных проб.

В районе Янцевского гранитного карьера (Запорожская область) под четвертичными отложениями на глубине 10—15 м подсечены щелочные каолины мощностью 4,0—10,8 м; выход песчаной части, содержащей 0,08—0,35% окислов железа и 4,3—8,4% щелочей, составляет 85—90%; калиевый модуль 9,4.

Щелочные каолины Никольского проявления видимой мощностью до 4,0 м развиты по аплитовидным и аплит-пегматоидным гранитам; они залегают под небольшой (3 м) вскрышей и характеризуются невысоким (0,35—0,62%) содержанием окислов железа и щелочей (1,1—3,4%).

В Приазовье представляет интерес Новоандреевский участок, щелочные каолины которого, развитые по мигматитам и гранитам, залегают на глубине 6,5—20,0 м; мощность продуктивной толщи от 12,0 до 38,5 м (средняя 27,1 м). Сырье характеризуется низким содержанием щелочноземельных окислов (0,6%), большим калиевым модулем (16,4) и сравнительно высокой (от 2,4 до 6,5; средняя 4,3%) суммой щелочей. Запасы щелочных каолинов достигают по категории C_2 14,3 млн. т. В районе г. Волноваха выявлено еще семь перспективных площадей.

Каолиновая кора выветривания по кварцево-серицитовым сланцам известна в Белгородском районе КМА (Куренкина, 1967), щелочные каолины здесь не перспективны как серицитсодержащее сырье из-за

чрезвычайно высокого (14,8—22,1%) содержания окрашивающих окислов.

В последние годы поиски щелочных каолинов проведены на Среднем и Южном Урале. На Среднем Урале обследованы Верхне-Исетская интрузия, Соколовский, Трифоновский и Рефтинский массивы. На Южном Урале изучены Бердяшская, Челябинская, Варламовская, Верхне-санарская, Джабык-Карагайская, Новоникольская интрузии; Султаевский и Велико-Петровский массивы. В результате проведенных поисковых работ, охвативших весьма ограниченные площади, выявлен ряд участков щелочных каолинов: Кременкульский, Красное поле (Челябинская интрузия), Варламовский и Рефтинский (на одноименных массивах). Общие недостатки выявленных участков — ограниченные запасы, малые мощности продуктивной толщи, непостоянство условий залегания и вещественного состава, относительно низкий (10—20%) выход микроклинового продукта.

Кроме поисков щелочных каолинов целесообразно провести доизучение известных месторождений: Чекмакульского, Журавлиный Лог, Михайловского, Чуксинского. Для сырья всех этих объектов характерно довольно большое содержание песчаной составляющей, в которой одним из основных компонентов отмечен белый микроклин (Магидович и Ревнивцев, 1966). Месторождение Журавлиный Лог представлено покровной залежью каолинов площадью 0,25 км², развитых по гнейсо-гранитам; мощность толщи 3,5—30,5 м (средняя 18,0 м). Содержание щелочей в белой разности каолина-сырца в среднем составляет 3,13%. Песчаная фракция (выход 46,9%) состоит из кварца, микроклина и слюды. Интерес представляет также разрабатываемое Кыштымское месторождение, точнее, участок, где кора выветривания развита по гранито-гнейсам.

Следует дать оценку качества сырья таких проявлений каолинов, как Уктусское и Нюксинское (Свердловская область), Юльевское, Котлик, Неплюевское и Летние хутора (Челябинская область).

В Оренбургской области (Магидович и Ревнивцев, 1966) известны месторождения элювиальных каолинов, среди которых отмечены щелочные (микроклиновые) каолины; содержание щелочей достигает 5,0% при большом количестве окрашивающих окислов (0,93—2,33%). Значительная часть каолинов Домбаровского месторождения, развитых по гранитам и гранито-гнейсам, по-видимому, также относится к щелочной разности (Сивоконь, 1969).

По данным Л. Ф. Герасименко и А. П. Степанова, на востоке Оренбургской области выявлено около 50 месторождений и проявлений каолинов, связанных с корой выветривания интрузивных и эффузивных пород кислого состава; щелочные каолины не отмечены, но, безусловно, имеются.

На юге Зауралья, в северной части Кошенсайского гранитного массива, отдельными скважинами подсечена мощная (30—60 м) каолиновая кора выветривания; нормальные каолины имеют мощность 8—34 м; сырец содержит 1,4—4,2% окиси калия.

Для выявления щелочных каолинов перспективны также Верхне-Ушкотинская гранитная интрузия, характеризующаяся широким развитием мощной (10—40 м) коры выветривания, и северная часть Джарбутакского гранитного массива. Из известных проявлений заслуживают внимания Киембаевское I и II, Шильдинское I и II, Лиманское и Подольское, каолины которых развиты по гранитам.

В Западном Казахстане, в Мугоджарах выявлено (Шегай и Бурд, 1966) Уимшильское месторождение щелочных (главным образом гидрослюдистых) каолинов, характеризующихся повышенным (около 3,0%) содержанием окрашивающих окислов. Это обстоятельство не позволяет считать объект перспективным; к такому же выводу пришли и

авторы, предложив искать каолины, развитые по более лейкократовым гранитам.

В Северном Казахстане систематические поисково-съёмочные работы 1967—1969 гг. позволили выделить каолиновые коры выветривания площадного и линейно-площадного типа, развитые по лейкократовым гранитам, мигматитам и гранодиоритам. По данным В. А. Файзуллина, они вытянуты в широтном направлении, в основном к северу и западу от г. Кокчетав и приурочены к склонам одноименного поднятия. Коры площадного типа имеют мощность до 10—15 м; для кор линейно-площадного типа, приуроченных к тектоническим нарушениям и «узлам», а также к контактам гранитоидов с вмещающими породами, характерны большие мощности (до 30—50 м). Полные профили выветривания сохранились от размыва в тектонически опущенных блоках; обычно верхняя часть коры выветривания размыта.

На большинстве выявленных каолиновых проявлений, развитых по гранитоидам, встречена зона щелочных каолинов с высоким содержанием микроклина. Известно девять проявлений, опосредованных по редкой сети небольшим количеством выработок (табл. 78). Две трети этих

Таблица 78

Проявление	Количество выработок	Поисковая сеть, м	Средняя мощность полезной толщи, м	Средняя мощность вскрыши, м	Материнский субстрат
Юбилейное	12	200×400	20,0	10,0	Мигматит
Аиртавское	6	400×400	8,2	3,0	"
Елтай	18	200×400	26,0	7,0	Гранит
Яблоновское	15	400×400	9,5	8,0	"
Ишимское	Одиночные выработки		22,0	8,0	"
Комаровское	6	200×200	9,3	3,0	"
Правобережное	32	200×800	6,0	1,8	"
Сухоравское	47	400×400	9,0	12,0	"
Орловское	14	100×100	13,0	4,0	Гранодиорит

проявлений приурочены к гранитам и залегают под небольшой вскрышей мощностью от 1,8 до 7,0 м; мощность продуктивной толщи колеблется от 6,0 до 26,0 м.

Каолиновые коры выветривания указанных проявлений изучены недостаточно. Наиболее перспективными являются участки Юбилейный и Елтай.

Участок Юбилейный расположен в 70 км северо-западнее с. Кокчетав; он занимает площадь более 2 км² и с запада не оконтурен. В профиле коры выветривания (3,4—52,0 м), развитой по мигматитам, выделены три зоны: 1) дресвы; 2) щелочных каолинов; 3) нормальных каолинов. Наибольшая мощность приходится на щелочную разность, зона нормальных каолинов, распространенная на отдельных участках, обычно имеет мощность 5—10 м.

В песчаной части щелочных каолинов (выход 60—78%) содержание окиси калия колеблется от 3,1 до 5,7%. Полученные из семи объединенных проб (средний выход 14,4%) микроклиновые концентраты содержат 0,16% окиси железа и 13,0% щелочей при калиевом модуле 20,9.

Участок Елтай (более 2 км²) находится в 40 км к северо-западу от г. Кокчетав, близ Алексеевского месторождения каолинов. Кора выветривания, развитая на крупно-среднезернистых порфиридных биотитовых гранитах, залегает под 2—19-метровой вскрышей и имеет мощность 7,0—44,0 м; мощность щелочных каолинов составляет 20—30 м. Песчаная фракция сырья (выход 30,6—71,2%, средний 50,8%)

содержит 7,0% щелочей при калиевом модуле 24,6 и 0,2% окиси железа.

Большой интерес представляют также месторождение Союзное, проявления Кошенсай и Аралча (Актюбинская область), Чапаевское, Гавриловское, Матвеевское, Белая Глина и Самсоновское (Кокчетавская область), развитые по гранитам и гранито-гнейсам. В Целиноградской области перспективны проявления Коскызыл, Быстрымовское, Каховское, Косчеку I и II, Трудовое I и II, Поселковое, Аккуль II, Бозайгырское и Верблюдовское, каолины которых развиваются по гранитам, а также Сары-Адыр (аркозовые песчаники).

В Средней Азии, в Зиаэтдинских горах Западного Узбекистана наблюдается (Абдуллаходжаев и др., 1963; Расулов, 1964) мощная (в среднем 17 м) мезозойская кора выветривания линейного типа, развитая на порфириовидных гранитах Карнабского массива; длина полосы 5,5—6,5 км, ширина 50—100 м. Щелочные каолины не отмечены при обогащении крупной пробы (Кузовлев и Игнатенкова, 1968); из каолина-сырца был получен микроклиновый концентрат (выход 21,4%), содержащий 13,2% щелочей при калиевом модуле 5,0; несколько повышенное (0,48%) содержание окислов железа следует объяснить тем, что материал не подвергался электромагнитному обогащению.

Менее перспективен участок Кетменчи в Зирабулакских горах (Расулов и Юлдашева, 1967), сложенный двуслюдяными гранитами и гнейсо-гранитами. Кора выветривания этих пород прослежена на 800 м в виде полосы шириной 50—150 м; мощность 1,1—5,2 м. Щелочные каолины представлены гидрослюдистой разностью (более 40% объема породы); каолинита — 20—25%, кварца 35—40%; материал характеризуется довольно высоким содержанием окрашивающих и щелочноземельных окислов.

В верховьях сая Малянд, в районе хр. Сурхантау (западный отрог Гиссарского хребта) описана (Богатырев, 1970) площадная кора выветривания по гранитам. В профиле выветривания щелочные каолины представлены гидрослюдистой разностью (мощность зоны 22 м) с высокой (4,3%) суммой щелочей при весьма высоком калиевом модуле; вероятно, здесь развиты и микроклинсодержащие щелочные каолины.

В Красноярском крае, кроме Кампановского месторождения, известны Шмидтовский, Авотинский, Томнинский, Ольгинский, Минценовский участки каолинит-микроклин-кварцевых песков.

Микроклинсодержащие продукты переотложения мел-палеогеновых кор выветривания (возможно, и первичные щелочные каолины) могут быть обнаружены, по В. С. Васильеву, на Енисейском кряже, в Канско-Тасеевской впадине, приенисейской части Западно-Сибирской равнины, Тунгусской синеклизе. Представляют интерес Бирюсинское, Больше-Улуйское, Петровское и Союзное проявления, а также толща кварц-каолинитовых отложений, протягивающаяся в меридиальном направлении в районе деревень Успенка, Будянка, Н. Прилуки, Н. Печора.

На о-ве Ольхон изучена (Чекин, 1968) кора выветривания гранитов, мощность которой составляет несколько десятков метров. Наибольший интерес представляют участки залива Уларья Губа, мысов Улан-Ирги и Харалдайский. Высокое (5—6%) содержание щелочей, главным образом окиси калия, связано с белым микроклином, концентрирующимся во фракциях 1,0—0,01 мм, где он является основным (80,0%) минералом породы.

В Амурской области заслуживают внимания каолинизированные граниты среднего течения р. Тырмы (В. И. Магидович, 1961 г.), особенно на правом берегу реки, близ пос. Аланап; здесь, по-видимому, имеются перспективы выявления щелочных каолинов.

В Приморье отмечен (Финько и др., 1963; Мигута, 1963) ряд участков древних кор выветривания, развитых по различным породам; щелочные каолины не описаны, но возможность их выявления не ис-

ключена. Так, в пределах Ханкайской глыбы сохранилась мощная кора выветривания по гранитам; в районе Осиновского бурогоугольного месторождения под 10—15-метровой толщей третичных отложений встречены каолины — продукт выветривания биотитовых гранитов; в районе Ретиховского месторождения бурых углей на небольшой глубине вскрыты каолины, развитые по кембрийским аркозовым песчаникам.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ

Разведка месторождений щелочных каолинов принципиально не отличается от геологоразведочных работ по оценке элювиальных каолинов (Магидович и Сивоконь, 1970). В поисковый этап устанавливаются размеры месторождения и строение профиля выветривания, поэтому поисковые работы необходимо задавать с углублением в выветрелые материнские породы на всей площади залежей до полного оконтуривания их. Густота сети определяется размером залежи — чем она меньше, тем сеть гуще. Форма сети разведочных выработок определяется генетическим типом объекта: залежи, образовавшиеся в результате выветривания линейного характера, а также месторождения площадного и смешанного (линейно-площадного) типов с сырьем, резко меняющим качественные показатели¹, целесообразно разведывать профилями.

Изучение и оценка качества щелочных каолинов отличаются некоторым своеобразием. Поскольку щелочные каолины содержат менее 50% каолинита, а следовательно, — повышенное количество фракции >0,056 мм и остаток на сите 10 000 отв/см², то величину потерь при прокаливании необходимо определять по всем секционным (рядовым) пробам, оптимальная длина которых должна быть 2—3 м. Глинистая составляющая рядовых проб щелочных каолинов исследуется как обычно. Песчаную часть рядовых проб нужно объединять, после этого рекомендуется определять Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, а 20—25% всех проб направить на полный химический анализ и минералогическое описание с подсчетом количества полевых шпатов, кварца и гидрослюд.

Кроме рядовых и объединенных проб при геолого-промышленной оценке месторождения отбираются зональные, лабораторные и полупромышленные пробы. Зональное опробование проводится преимущественно в поисковую стадию работ и предназначено для изучения вещественного состава всего профиля коры выветривания. Зональные пробы отбираются в виде монолитов керна длиной 30—40 см через каждые 2—3 м разреза и немедленно парафинируются. По ним выполняется определение естественной влажности, плотности, объемного веса, показателя щелочности (рН); производится полный химический анализ 10 компонентов (SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃, K₂O, Na₂O, п.п.п.) и определение минеральных составов песчаной и глинистой составляющих.

Лабораторные пробы предназначаются для установления принципиальной возможности обогащения щелочных каолинов и оценки полученных концентратов по существующим стандартам. Вес проб определяется оборудованием лаборатории, ведущей испытания, и обычно составляет 50—200 кг. Испытания обогатимости должны производиться в первую очередь по схемам действующих или проектируемых обогатительных комбинатов. Необходимо также учитывать исследовательские работы по улучшению качества основных концентратов (например, отбеливание каолинов, удаление титана) и извлечение попутных компо-

¹ По изменчивости показателей месторождения щелочных каолинов относятся ко второй группе классификации ГКЗ. Поэтому для получения достоверной характеристики всего объекта или его части (блока) необходимо пройти и использовать не менее 15—25 выработок, имеющих показатели качества.

нентов. Оценка концентратов производится по обычной программе. Анализы рядовых, объединенных и лабораторных проб должны дать ответ на вопрос, сколько полевого шпата содержится в сырце, сколько его может быть выделено в концентрат. Если в каолине, кроме микроклина, присутствуют слюды, количество минералогических анализов следует увеличить для выяснения типа слюд, их доли в балансе щелочей и возможности отделения и промышленного использования.

Полупромышленные пробы отбираются для уточнения технологических параметров обогащения и получения крупных партий концентратов; из них в заводских условиях готовят фарфоровую массу и выпускают изделия. Эти испытания обязательны для всех вновь открытых месторождений и проводятся специализированными институтами.

На основании лабораторных и полужаводских испытаний устанавливается минимальное промышленное содержание микроклина в каолине-сырце. Этот предел должен быть принят как основа для подсчета запасов щелочных каолинов. Подсчет производится обычными методами. Если нельзя провести геометризацию блоков щелочных каолинов по всей толще, запасы их подсчитываются статистически относительно валовых объемов всех каолинов месторождения. При разработке таких объектов необходимы эксплуатационная разведка и селективная добыча.

Кроме собственно каолинов важное промышленное значение имеют каолины с высоким содержанием K_2O , получившие название щелочных.

Выделено два вида нового для нашей страны сырья — микроклиноты и серицитовые щелочные каолины. Возникновение первых связано с образованием каолиновых кор выветривания, их разрывом и перетолжением; генезис вторых обусловлен главным образом гидротермальным изменением вулканических пород и в меньшей степени процессами выветривания.

Лучше всего изучены микроклинсодержащие щелочные каолины. Они представляют собой источник высококачественного калиевого полевого шпата и кондиционного каолина, запасы которых исчисляются десятками миллионов тонн. Обогащение сырья с выделением микроклиноты производится по сложным схемам; себестоимость конечного продукта значительно ниже отпускных цен.

Серицитсодержащие каолины распространены менее широко, их месторождения обладают сравнительно небольшими запасами; материал имеет ограниченное применение. Выявлено или находится в стадии разведки шесть месторождений щелочных каолинов.

При поисках новых проявлений щелочных каолинов необходимо детально изучать полный разрез каолиновой коры выветривания с исследованием материнских пород; следует подробно описывать характер зональности коры с определением химического и минерального состава каждой зоны, а также основных фракций сырья.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ КАОЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ И ПЕРЕОТЛОЖЕННЫХ КАОЛИНОВ

Элювиальные каолины, представляющие промышленный интерес, как правило, являются продуктами конечного разложения кислых мало-железистых полевошпатовых пород и слагают верхнюю зону профилей сиаллитного выветривания гранитов и близких им по составу пород магматического, метаморфического и осадочного происхождения.

Возраст древних кор выветривания и генерированных в них каолинов (включая метаморфизованные) разнообразный: от архейско-протерозойского до кайнозойского; промышленную ценность в качестве сырья, отвечающего определенным кондициям, имеют элювиальные каолины мезо-кайнозойского возраста, т. е. не древнее 200 млн. лет. Каолины более раннего возраста не получили промышленного применения из-за плохой сохранности и отрицательного влияния наложенных процессов.

Переотложенные каолины с осадочными бокситами, кварцевыми и кварц-полевошпатовыми песками, россыпями тяжелых минералов входят в состав формации коры выветривания, точнее в состав ее осадочной субформации (Сигов, 1962). По И. И. Гинзбургу (1963), формация коры выветривания — это совокупность разнообразных природных твердых и жидких тел, непосредственно связанных с корами выветривания своим происхождением или образованием в результате механического, коллоидного или химического переноса продуктов выветривания. Перенос продуктов каолинового выветривания сопровождался накоплением кварцевых песков, каолинсодержащих песков и отмученных глинистых продуктов коры сиаллитного выветривания.

Магматические и метаморфические породы полевошпатово-слюдистого состава дают при выветривании довольно крупнодисперсный каолинит с упорядоченной кристаллической структурой (Викулова, Звягин, 1965). Переотложение каолинитового материала в континентальные водоемы приводит к появлению гнезд, линз и пластов переотложенных каолинов, залегающих среди песчанистых пород. В зависимости от продолжительности и условий переноса в глинистых суспензиях повышается относительное содержание тонкодисперсного и «разупорядоченного» каолинита, в связи с чем отлагаются каолиновые осадки, свойства которых смещаются в направлении к пластичным огнеупорным глинам (Петров, 1958; Шутов и др., 1966).

Приведенное изложение генетических взаимосвязей элювиальных и переотложенных каолинов с корами сиаллитного выветривания свидетельствует о том, что размещение каолиновых месторождений определяется масштабом и интенсивностью процессов гипергенной каолинизации.

Для проведения прогнозо-оценочных и поисковых работ на каолины необходимо уделять внимание выявлению общих и частных прогнозно-поисковых геологических критериев, определяющих основные закономерности формирования и условия локализации каолиновых месторождений, генетически связанных с корами сиаллитного выветривания.

Правильно примененные геологические критерии позволят с большой уверенностью судить о целесообразности проведения поисков на конкретных площадях, а также выбрать наиболее эффективные направления поисковых работ.

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Можно выделить зоны и области, в которых существовали благоприятные условия для интенсивной генерации каолинита в корках выветривания.

Н. М. Страхов (1963) считает, что с начала юры до настоящего времени существовала общая мезо-кайнозойская (альпийская) климатическая зональность. Климат мезо-кайнозой (кроме четвертичного периода) характеризовался отсутствием следов околополярных ледовых шапок, что являлось причиной существования в глобальных масштабах высоких среднегодовых температур (Предтеченский, 1948; Брукс, 1952; Страхов, 1960). Можно выделить этапы относительного потепления климата в позднем триасе, раннем мелу (альб) и эоцене, когда бокситообразование развивалось в области высоких широт (до 68° с. ш.); одновременно на север продвигалась тропическая флора. Наиболее значительная волна прогрессирующего похолодания образовалась в неогене и явилась причиной четвертичного оледенения. Определения палеотемпературного режима океанических вод мезо-кайнозой показали (Боуэн, 1969), что по сравнению с современной температурой приполярных вод Тихого океана ($1-2^{\circ}\text{C}$) температура вод приполярных широт (и донных вод открытых океанических бассейнов) в третичное время была $8-12^{\circ}\text{C}$, в позднем мелу и юре соответственно $16-17^{\circ}$ и 20°C . В юрском периоде наблюдался ровный температурный режим на всей территории земного шара, в мелу, палеогене и неогене — прогрессирующая дифференциация климата высоких и низких широт.

Для территории Евразии, как отмечают Н. М. Страхов (1960) и В. М. Синицын (1966), равномерно теплый климат характеризует ранне-среднеюрское время. Это послужило предпосылкой для широкого развития каолиновых кор выветривания, имевших, по В. П. Петрову (1948), почти сплошное распространение в северном полушарии. Обширная неплененизированная территория и общая гумидизация климата обусловили однообразие флоры, которая интенсивно произрастала с конца триаса до конца вельда, т. е. около 60 млн. лет (Криштофович, 1959).

Формирование каолинов, по Г. И. Бушинскому, происходило при среднегодовых количествах осадков не менее 500 мм и среднегодовых температурах не менее 15°C (рис. 55). Для ранней и средней юры Урала и Казахстана (области максимального развития каолинизации), по В. М. Синицыну (1966), необходимы следующие условия: среднегодовое количество осадков 1200—2000 мм и среднегодовая температура около 20°C .

В позднем триасе на всей территории СССР, по-видимому, господствовали климатические условия, определившие формирование латеритных кор выветривания. Н. М. Страхов считает, что в юре по сравнению с поздним триасом на фоне значительного расширения гумидных и сокращения аридных климатических зон происходило понижение среднегодовой температуры. Немалую роль, видимо, сыграла смена переменной влажности верхнего триаса равномерно влажным климатом юры. А. П. Сигов (1963) отмечает, что в пределах современного Урала и прилегающих к нему с запада и востока территорий юрское время характеризовалось тропическим климатом, более прохладным и влажным, чем в позднем триасе. Это позволяет предполагать деградацию ранее сформированного латеритного профиля и появление мощных каолиновых кор выветривания.

В конце раннего и начале позднего мела большая часть территории Европейской части СССР, Средней Азии, Казахстана и юга Сибири представляла собой область формирования пестроцветной коры выветривания, с которой связаны многочисленные месторождения и проявления бокситов.

Для Прибайкалья и Приморья в позднем мелу можно предполагать развитие коры выветривания каолинового типа, обусловленное высокой влажностью и среднегодовой температурой около 20° С. Климатические условия, определившие развитие каолинового элювия, существовали здесь в течение палеогена. По В. И. Синицыну, Сибирь в конце позднего мела представляла собой гумидную равномерно влажную область в результате воздействия Тихого океана. Каолинизация сравнительно

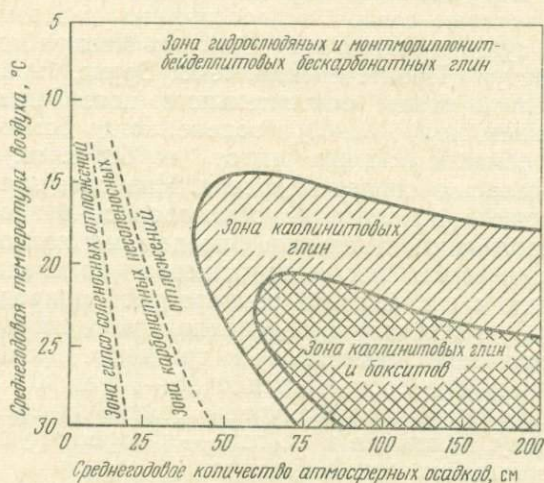


Рис. 55. Схема климатических зон образования минералов глин, бокситов, карбонатных и гипсо-соленосных накоплений в реках, озерах, лагунных водоемах и почвах (по Г. И. Бушинскому, 1958 г.)

слабо проявилась в палеоцен-олигоцене на территории Русской платформы, Урала и Казахстана. Поздний олигоцен ознаменовался почти повсеместным господством умеренно-теплого климата с равномерным увлажнением.

Палеоклиматический анализ позволяет выделить на территории СССР следующие наиболее значительные области каолинового выветривания: для ранней и средней юры — Европейская часть СССР, Казахстан, Средняя Азия, Южная Сибирь; для позднего мела-палеогена — Южная Сибирь и Приморье.

К этим областям были приурочены мощные коры каолинового выветривания, которые частично сохранились до настоящего времени (Украинский кристаллический массив) или размыты (Забайкалье, Приморье). Одновременно с размывом формировались промышленные залежи переотложенных каолинов.

Палеоклиматическая обстановка позволяет правильно направлять прогнозные и поисковые работы и оценить перспективы каолиноносности конкретных регионов.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Д. Г. Сапожников (1968) считает, что чем больший отрезок времени охватывает перерыв в осадконакоплении, тем больше оснований встретить мощную регионально распространенную кору каолинового выветривания. Наибольший интерес как источник каолинового сырья представляют коры выветривания, расположенные ниже поверхности несогласия, разделяющей дислоцированный фундамент и горизонтально залегающий осадочный чехол. Мощность элювиального покрова 20—

50, иногда 100 м. Промышленные залежи остаточных каолинов занимают определенное геолого-стратиграфическое положение; они располагаются между слабо измененными маложелезистыми алюмосиликатными породами допалеозоя и палеозоя и вышележащими осадочными образованиями мезозоя и кайнозоя. Более точное определение возраста не имеет большого практического значения. Межформационные, особенно внутриформационные коры выветривания чехла, обычно формируются на осадочных породах и приурочены к эпохам перерывов малой или незначительной продолжительности. Коры этого типа в большинстве случаев имеют малую мощность и нечетко выражены, поэтому они малоперспективны на каолиновое сырье.

Интервал геологического времени, в течение которого формировался элювиальный покров, существующими методами определяется недостаточно точно. Примером может служить Украинский кристаллический массив, возрастной интервал корообразования которого растянут от триаса до палеогена включительно, максимум предполагается для средне-мезозойской эпохи (юра — ранний мел).

Если тектонический режим региона неустойчив и осадконакопление часто сменяется выветриванием, можно выделить несколько горизонтов выветривания осадочных пород (неоэлювий, по классификации Б. Б. Польнова) и соответствующее им количество эпох выветривания, как это показано для Западной Сибири В. П. Казариновым и Ю. П. Казанским (1969).

Рассмотрим стратиграфическую приуроченность этапов интенсивного каолинового выветривания на примере некоторых крупных регионов СССР.

На Урале и в Зауралье А. П. Сиговым (1963) выделены два основных этапа выветривания — мезозойский и палеогеновый — и соответствующие им главные металлогенические эпохи мезо-кайнозоя. Основное значение для каолинообразования А. П. Сигов придает средне-поздне-мезозойскому выветриванию (юра — ранний мел), В. П. Петров (1948) — поздне-триассовому-раннеюрскому. Оба исследователя, признавая существование относительно непродолжительного палеогенового этапа выветривания, значительную роль этого времени в генерировании остаточного каолина отрицают. Палеогеновый этап выветривания (олигоцен), отвечавший обстановке умеренного влажного климата, определил дополнительное отбеливание (вынос железа) ранее сформированного каолинового элювия. Видимо, наложение более молодых процессов выветривания, протекающих согласно классификации А. И. Перельмана (1968), в кислой восстановительной обстановке, может способствовать улучшению качества природных каолинов. Олигоценное отбеливание сформировавшихся в триас-юрское время пестроцветных каолинов отмечается В. Н. Разумовой (1956) для Казахстана.

В Средней Азии каолиновое выветривание установлено на юго-западных отрогах Гиссарского хребта, в Зирабулак-Зиаэтдинских горах, бассейне р. Ангрен, отрогах Кураминского хребта, Ферганской впадине, на восточном побережье Каспийского моря (Туаркыр). По В. Г. Кузнецову (1959 г.), Н. П. Петрову, П. В. Рубанову (1960), А. А. Абдуллаходжаеву и др. (1963 г.), гипергенная каолинизация охватывала интервал от позднего триаса до конца юры.

На юго-западе Западной Сибири в зоне сочленения низменности с системой Алтае-Саянских горных сооружений, по мнению Л. А. Иванова и А. Н. Сухариной (1967), каолиновое выветривание свойственно трем основным этапам: поздне-триассово-раннеюрскому, поздне-меловому и палеогеновому. Юрские элювиальные каолины в основном размыты, они сохранились лишь в погруженных частях тектонических впадин. В. П. Казаринов и Ю. П. Казанский (1969) указывают для Западной

Сибири на интенсивное развитие каолинового выветривания в позднем мелу и палеогене.

Для Сибирской платформы и ее складчатого обрамления А. М. Цехомским и Д. И. Карстенс (1967) намечено два этапа интенсивной каолинизации: поздне триасово-раннеюрский и палеогеновый. Для первого этапа, по замечанию Р. А. Цыкина (1967), характерны отбеленные каолиновые коры выветривания, для второго — каолиновые и латеритные коры, пестроцветные или отбеленные. В настоящее время коры выветривания, соответствующие первому и второму этапам выветривания, значительно размыты. Рэт-лейасовая кора сохранилась в границах тектонических впадин, под кровлей, представленной юрскими отложениями. Палеогеновая кора в значительной степени размыта в связи с поднятием региона в неогене и четвертичном периоде; она сохранилась главным образом в виде линейных фрагментов.

Мощность каолинизированных песков позднего мела (линденская свита) в Приверхоянском прогибе и Вилюйской синеклизе, по данным В. И. Муравьева (1957), В. В. Забалуева с соавторами (1961), достигает более 100 м. Широкое развитие каолинизации в поздне меловое — палеогеновое время отмечают для Прибайкалья и Забайкалья У. Ф. Уфимцев (1969) и Ж. В. Домбровская (1970). На о-ве Ольхон, по сообщению Н. А. Логачева и др. (1964), мощность палеогеновой коры выветривания докембрийских гнейсов и гранитов превышает 40 м¹. Продукты выветривания представлены остаточными каолинами, имеющими линейный характер распространения. Эти авторы отмечают присутствие мощного элювиального покрова в депрессионных зонах Ангаро-Ленского междуречья, где в кровле каолинов залегает толща кварцевых песков и огнеупорных глин каменной свиты олигоцена. На Дальнем Востоке коры выветривания широко распространены под чехлом кайнозойских отложений. Возраст гипергенной каолинизации на территории Приморья можно условно принять за поздне меловой — палеогеновый. В работах В. И. Финько с соавторами (1963) и А. К. Мигуты (1963) приведены сведения о присутствии многочисленных проявлений каолиновой коры выветривания, наиболее полно изученной на площади Усури-Ханкайского массива, где ее мощность достигает 50 м.

В позднем мезозое и раннем кайнозое почти на всей территории Северо-Востока СССР образовывается поверхность денудационного выравнивания. Формирование сингенетичных кор выветривания для многих районов этого региона датируется интервалом ранний мел — миоцен включительно. Реликты поверхностей выравнивания с корами выветривания описаны во многих местах Северо-Востока СССР (Колосов, 1952; Кайялайнен, 1968 и др.). Новейшая тектоническая активизация привела к разрушению поверхностей выравнивания и размыву связанных с ней кор выветривания, следы которых устанавливаются на водоразделах или в молодых депрессиях под осадочным покровом.

На территории СССР можно выделить два основных этапа каолинового выветривания: 1) поздне триасовый-юрский; 2) поздне меловой-палеогеновый.

Поздне триасовый-юрский этап прослеживается на всей территории СССР. Соответствующие ему мощные каолиновые коры выветривания сохранились в Украинском, Зауральском и Казахстанском пенепленах. В Сибири и Приморье кора выветривания этого возраста интенсивно размыта; уцелевшие фрагменты залегают на значительных глубинах под мощным осадочным покровом. Поздне меловой — палеогеновый этап каолинового выветривания проявился на юге Сибири и Дальнем Востоке. Недостаточная изученность сохранившихся от размыва фрагментов као-

¹ С. С. Чекин (1968) считает возраст каолинов о-ва Ольхон и Прибайкалья верхне триасовым-нижнеюрским.

линовых кор выветривания не позволяет оценить их перспективность в качестве промышленного источника элювиальных каолинов. Организовать в Сибири добычу и переработку элювиальных каолинов можно при условии тщательного изучения позднемеловых-палеогеновых кор выветривания.

Геологический возраст переотложенных каолинов определяется точнее, ибо сложенные ими пластообразные залежи входят в состав осадочных, четко стратифицированных толщ. Переотложенные каолины должны иметь более широкое распространение, чем элювиальные каолины. Вынос и осаждение каолинового материала кор выветривания

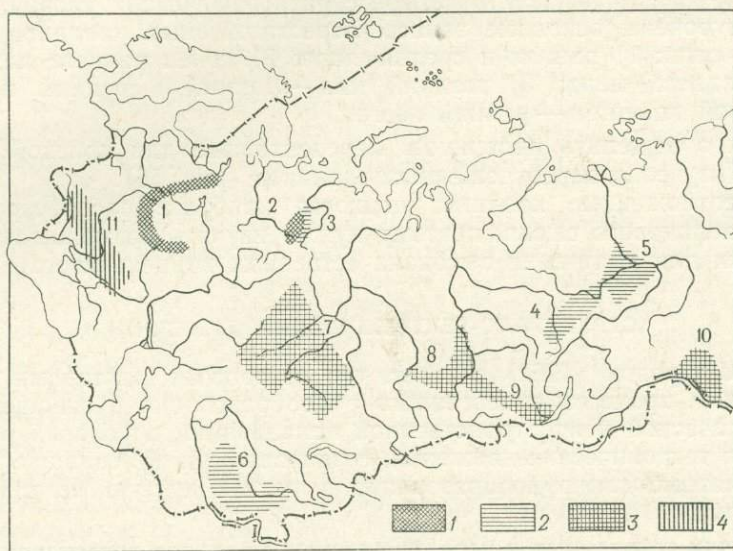


Рис. 56. Основные бассейны накопления переотложенных каолинов и огнеупорных глин

1 — верхнепалеозойского возраста (1 — Северо-Западный; 2 — Тиманский); 2 — мезозойского возраста (3 — Тимано-Печорский; 4 — Ангаро-Вилуйский; 5 — Ленский; 6 — Среднеазиатский); 3 — мезозойско-палеогенового возраста (7 — Урало-Казахский; 8 — Чудьмо-Енисейский; 9 — Присяянский; 10 — Приамурский); 4 — преимущественно палеогенового возраста (11 — Украинский)

происходят в относительно непродолжительные отрезки времени и проявляются синхронно на обширных территориях, подчиняясь ритмике тектонических движений. Ввиду этого сформированная на определенном этапе развития региона мощная кора выветривания, периодически подвергаясь эрозии, служит источником каолинового материала при формировании разновозрастных осадков и содержащихся среди них на отдельных стратиграфических уровнях промышленных залежей переотложенных каолинов.

Переотложенные каолины южного склона Урала присутствуют на различных уровнях стратиграфического разреза мезозоя и кайнозоя в интервале от средней юры до верхнего олигоцена. Поскольку палеогеновая кора выветривания на Урале является маломощной (Сигов, Гузовский, Шуб, 1967), появление промышленных скоплений переотложенных каолинов в составе лангурской свиты (J_{2+3}), мысовской свиты (K_2) и тургайской (P_{2+3}) серии можно связывать преимущественно с этапами ослабленной эрозии средне-верхнемезозойской каолиновой коры выветривания (Петров, 1948; Архангельский, 1963; Сигов, 1969; Наумов, 1964).

Н. И. Архангельский допускает, что переотложенные продукты выветривания могут быть обнаружены на Урале среди любых по возрасту

континентальных отложений, начиная с верхнего триаса. Он полагает, что стратиграфическому критерию при прогнозировании осадочных месторождений, генетически связанных с корами выветривания, не следует придавать большого значения; по его мнению, локализация месторождений контролируется главным образом структурными и фашиально-литологическими факторами.

Не отрицая роли структурных и фашиально-литологических факторов, следует сказать, что промышленные скопления переотложенных продуктов выветривания обычно приурочены к определенным стратиграфическим уровням, соответствующим тектонически обусловленным этапам формирования и частичной эрозии кор выветривания. На территории СССР можно выделить четыре стратиграфических уровня, к которым приурочены основные запасы переотложенных каолинов и огнеупорных глин: 1) ранняя и средняя юра; 2) конец раннего мела — начало позднего мела; 3) поздний мел — ранний и средний палеоген; 4) поздний палеоген — ранний неоген.

Можно выделить провинции, перспективные для поисков и дальнейшего изучения переотложенных каолинов (рис. 56).

Переотложенные каолины являются наиболее распространенным видом каолинового сырья, поэтому нужно изучать возможность их переработки для получения высококачественных концентратов.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

А. А. Пронин (1962) считает, что основными факторами, контролирующими процессы гипергенного рудообразования в отношении геохронологической и пространственной локализации и условий развития, являются тектонические движения, создававшие и изменявшие условия, благоприятные для рудообразования в ту или другую металлогеническую эпоху.

Залежи остаточных и переотложенных каолинов испытывают в пространственной локализации закономерную зависимость от расположения главнейших и второстепенных тектонических структур.

Древние коры выветривания формируются в пределах всех основных элементов земной коры. К числу таких элементов относятся платформы, области завершённой складчатости и геосинклинали (Спижарский, 1968).

Здесь кора выветривания знаменует собой заключительный этап общего или частичного продолжительного воздымания, которому соответствует перерыв в осадконакоплении и формирование денудационной поверхности выравнивания (пенеплена). Наиболее благоприятные условия для формирования мезозойских и кайнозойских продуктивных кор выветривания существовали на площади платформенных областей. С точки зрения локализации месторождений элювиальных каолинов, наибольшего внимания заслуживают щиты, антеклизы и куполовидные поднятия, на площади которых коры выветривания имеют приповерхностное залегание. Спокойный тектонический режим платформенных структур способствует предохранению кор выветривания от последующих размывов.

Широкое, почти повсеместное распространение мезозойской коры выветривания характерно, например, для Украинского кристаллического массива (щита). Исключение составляют его склоны, где кора выветривания отсутствует или в значительной части размывта. Первоначальная мощность коры выветривания составляла, по-видимому, 110—120 м и в последующем в связи с размывами испытала неравномерное сокращение. Мощность, превышающая 20 м, характеризует 11,9% площади распространения кор выветривания.

В пределах Украинского щита кора выветривания имеет площадное, реже линейное распространение. Современное распределение мощностей коры выветривания обнаруживает непосредственную связь с тектоническими структурами и рельефом поверхности фундамента (Литвиненко, Эльянов, 1967). В рельефе фундамента возвышения чаще совпадают с блоками гранитоидов (антиклиналями), понижения — с зонами распространения осадочно-эффузивных пород (синклиналями). Пограничные зоны между антиклиналями и синклиналями часто имеют дизъюнктивный характер, разломы определяют сложную блоковую тектонику Украинского кристаллического массива. Отмечаются дифференцированные перемещения крупных блоков кристаллического фундамента, образование в связи с этим впадин, выступов и куполов в рельефе его поверхности. Причиной всего этого являются тектонические движения поздних этапов альпийского тектогенеза, сопровождавшиеся обновлением многих древних разломов. Значительная деформация пене-плена во многом предопределила наблюдаемые различия в сохранности и мощностях коры выветривания, а также в существенной степени скорректировала размещение месторождений выветривания на площади Украинского щита.

Можно в общих чертах проследить закономерную приуроченность каолиновых месторождений к двум контролирующим структурным элементам щита: антиклинальным блокам и глубинным разломам, сформированным до эпохи корообразования. Антиклинальные блоки сложены в основном кислыми метаморфическими и изверженными породами. Они постоянно находились в приподнятом относительно синклинальных структур положении. Это определило максимальную мощность коры выветривания на антиклиналях и ее каолиновый профиль, например Волчанский выступ, на котором располагается Просяновский каолиновый район, или поднятие между Синельниковской депрессией и Конской синклинальной зоной, которому по площади соответствует Синельниковский каолиновый район (Сивоконь, 1969).

Совмещение карты изогипс поверхности фундамента Украинского щита и карты изомощностей коры выветривания показывает, что в той части щита, где кора выветривания не выведена из-под осадочного чехла палеогеновых и неогеновых отложений и вскрывается в глубоко врезанных речных долинах, повышенные мощности площадной коры каолинового выветривания прослеживаются в границах антиклинальных структур. Там, где значительные по амплитуде новейшие тектонические движения приводят к размытию как осадочного чехла, так и верхних горизонтов коры выветривания (Приазовский массив), полный профиль каолинового выветривания сохраняется в относительно пониженных блоках фундамента. Более интенсивное воздымание приводит к почти полному смытию коры выветривания и сохранению редких линейных фрагментов (Анабарский щит, Балтийский щит).

Благоприятны для формирования мощных залежей каолинов зоны тектонических разломов, где в эпоху корообразования формируются мощные коры выветривания кислых кристаллических пород, достигающие глубины 150 м и более от поверхности фундамента, например, приуроченность Глуховецкого и Турбовского месторождений остаточного каолина к зонам разломов (рис. 57).

Согласно наблюдениям В. Ю. Кондрачука и Л. С. Сонкина (1971), мощные проявления элювиальных каолинов в основном тяготеют к зонам региональных и субблоковых разломов и их пересечений. На месторождении Белая Балка мощность каолинов над зоной тектонического нарушения до 50 м (Сивоконь, 1969). Видимо, зоны глубинных разломов и особенно узлы пересечения разно ориентированных разломов можно рассматривать как структуры, наиболее благоприятные для формирования и локализации каолиновых месторождений. Особый интерес

представляют тектонические впадины и эрозионно-тектонические депрессии поверхности фундамента, где в толще выполняющих их юрских, меловых и палеоген-неогеновых отложений присутствуют промышленные залежи вторичных каолинов, огнеупорных глин и кварцевых песков.

Благоприятными для регионального формирования кор выветривания были эпохи пенепленизации областей завершённой складчатости. Однако последующая дифференциация обширных пенепленизированных областей на орогены (или области возрожденной складчатости) и кой-

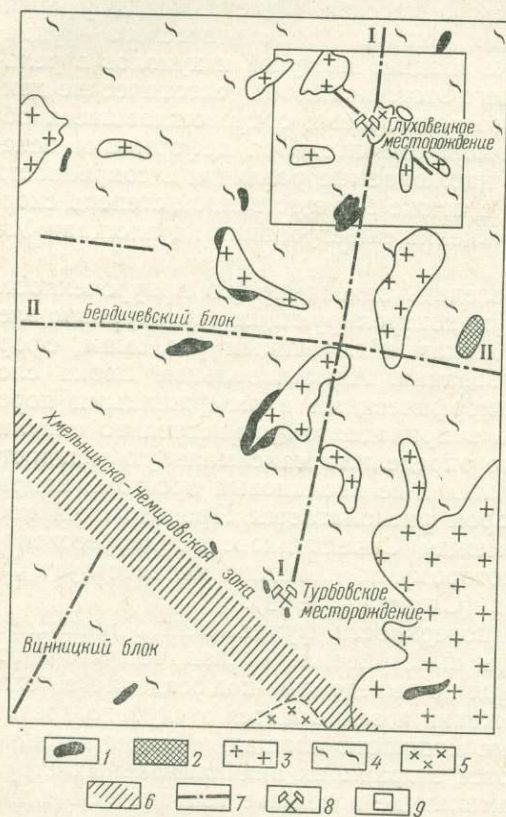


Рис. 57. Положение Глуховецкого и Турбовского месторождений элювиальных каолинов относительно важнейших глубинных разломов (Кондрачук, Сонкин, 1971).

1 — гнейсы бугской серии; 2 — пироксениты; 3 — аллит-пегматонидные граниты, чарнокиты, собиты; 4 — чудново-бердичевские гранитоиды и их мигматиты; 5 — гранитоиды Кировоградско-Житомирского комплекса; 6 — Хмельницко-Немировская зона глубинного разлома; 7 — оперяющиеся разломы (I—I — Глуховецкий; II—II — Снявский); 8 — разрабатываемые месторождения каолинитов; 9 — исследуемый район собственно Глуховецкого месторождения

логены (или области, погребенные под мощной толщей молодых осадков) определяет разную степень сохранности элювиальных покровов. В пределах орогенных зон, формирование которых происходило в результате новейших сводово-глыбовых поднятий, преобладают денудационные процессы, в связи с чем сохраняются отдельные фрагменты кор выветривания, приуроченные главным образом к контактовым и тектонически нарушенным зонам. Коры выветривания орогенных областей обнаруживают значительно меньшую сохранность по сравнению с платформами.

Влияние структурно-тектонических факторов на формирование и локализацию каолиновых месторождений в областях завершённой складчатости рассмотрим на примере Урала.

Характерной особенностью Урала является зональность, выражающаяся в присутствии субмеридионально ориентированных на протяжении всего Урала тектонических поднятий и опусканий, осложненных структурами более высоких порядков.

Наиболее перспективными с точки зрения поисков остаточных каолинов, генетически связанных с корой выветривания, следует считать

площади Восточно-Уральского поднятия, сложенные маложелезистыми алюмосиликатными породами (главным образом гранитами) и приуроченные к синклинальным участкам антиклинориев, а также зонам, переходным от антиклинориев к синклинориям, например месторождения Полетаевской группы на Южном Урале и месторождения Еленовского синклинория в Орском Зауралье.

Важными факторами, контролирующими локализацию каолиновых месторождений на площади Восточно-Уральского поднятия, являются субширотные тектонические структуры, описанные в работах А. И. Олли (1966) и Г. Ф. Червяковского с соавторами (1966).

При оценке влияния дизъюнктивных тектонических структур на формирование месторождений каолинов следует различать нарушения, возникшие до эпохи корообразования, от нарушений, появившихся вновь или омоложенных по прошествии этой эпохи.

С нарушениями первого типа связаны линейные фрагменты коры выветривания. Подобные месторождения могут быть встречены в пределах всех геоструктурных зон восточного склона Урала, однако обязательным условием их формирования является присутствие маложелезистых алюмосиликатных пород. Примером может служить Еленинское месторождение каолинов, приуроченное к системе субширотных разломов Джабык-Карагайского гранитного массива на Южном Урале. Дизъюнктивные контакты гранитов с карбонатами также оказывают положительное влияние на формирование и сохранность залежей каолина.

Относительные перемещения тектонических блоков вдоль субмеридиональных или субширотных дизъюнктивных швов, заново возникших или омоложенных после эпохи корообразования, оказали существенное влияние на локализацию каолиновых залежей, определяя размыв одних участков и предохраняя от размыва другие участки площадной коры выветривания.

Размыв каолиновой коры выветривания на поднятиях привел к накоплению перетолженных каолинов на площади Восточно-Уральского, Тагило-Магнитогорского и Предуральского тектонических погружений.

При бóльшей, чем на Урале, активизации тектонических движений в областях завершенной складчатости происходит четкая дифференциация относительно устойчивых и подвижных блоков пенепленизированного складчатого цоколя. Пликативные и дизъюнктивные деформации приводят к появлению в рельефе горных массивов и межгорных впадин. В межгорных впадинах под толщей осадков консервируются коры выветривания и приуроченные к ним месторождения элювиальных каолинов (Ангренское месторождение). Отложения, заполняющие межгорные впадины, могут содержать значительные накопления перетолженных каолинов, углей, огнеупорных и тугоплавких глин. Кора выветривания присутствует на площади многих межгорных впадин, разделяющих западные отроги Тянь-Шаня. В Прибайкалье, представляющем собой орогенную зону области завершенной складчатости, наблюдаются два цикла активизации и присутствие реликтов двух разновозрастных кор выветривания: раннемеловой и позднемеловой-палеогеновой (Сапожников, 1968).

В койлогенных зонах областей завершенной складчатости коры выветривания и коррелятные им каолинсодержащие осадки хорошо сохраняются под покровом более молодых мезозойских и кайнозойских отложений, о чем свидетельствует пример Зауралья (Ли, Певзнер, 1968).

Большая мощность перекрывающих отложений снижает до минимума практическую ценность каолинов койлогенных зон. Исключение составляют активизированные в новейший этап участки койлогенов, вступающие в орогенную стадию развития, в связи с чем погребенная кора выветривания и генерированные в ней месторождения подводятся к дневной поверхности.

Наибольший интерес с точки зрения каолиноносности представляет полоса перехода от орогена к койлогену, где наблюдается широкое распространение близповерхностных, слабо затронутых эрозией кор выветривания. Примером может служить граничащий с Обским койлогеном пенеппен Северного Казахстана, в пределах которого установлены многочисленные месторождения и проявления элювиальных каолинов, в том числе крупнейшее в СССР Алексеевское месторождение высококачественных каолинов.

В тектонически активных областях (геосинклиналях) древние коры выветривания формируются на ограниченных площадях относительно стабильных локальных структур (геоантиклинали, срединные массивы). Здесь существуют наименее благоприятные условия для предохранения продуктов выветривания от размыва.

В геосинклинальных областях наибольшая сохранность кор выветривания свойственна срединным массивам. Примером могут служить древние коры выветривания Усури-Ханкайского массива (Финько и др., 1963) или Грузинской глыбы Закавказья (Дзоценидзе, 1963). В осадочном чехле, перекрывающем отдельные участки срединных массивов, присутствуют залежи переотложенных каолинов и огнеупорных глин. Относительно стабильный тектонический режим срединных массивов не исключает интенсивной эрозии кор выветривания, ввиду чего наибольшая степень сохранности и перспективность в отношении каолиноносности характеризуют наиболее молодые коры выветривания.

Имеет место закономерная приуроченность продуктивных каолиновых кор выветривания к определенным структурно-тектоническим элементам, одни из которых контролировали в пространстве и во времени процессы каолинообразования и каолинонакопления, другие определили к настоящему времени степень сохранности каолиновых кор выветривания и пространственную локализацию промышленных скоплений элювиального и переотложенного каолина. Тектонические критерии при любом масштабе работ являются важнейшим фактором прогноза промышленных скоплений каолина.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Интенсивность и масштабы проявления процессов каолинизации при выветривании определяются в основном палеоклиматической обстановкой и тектоническим режимом, в то время как вещественный состав и качество каолинов во многом зависят от петрохимических и текстурно-структурных особенностей выветривающихся пород. Элювиальные каолины, имеющие промышленное значение, формируются в результате химического выветривания маложелезистых кварц-полевошпат-слюдистых пород (магматического, метаморфического и осадочного происхождения). Особенно следует выделить «гранитные» каолины, т. е. каолины, возникшие в результате выветривания гранитов и близких им по составу и генезису пород (гранито-гнейсов, мигматитов), которые являются наиболее ценным промышленным типом каолиновых месторождений. В СССР больше половины взятых на Государственный баланс каолиновых месторождений относится к «гранитному» типу; добыча 98,5% первичного каолина и 70% всех каолинов производится на месторождениях этого типа.

Там, где среди подвергшихся выветриванию пород преобладают граниты или близкие им по составу образования, перспективы каолиноносности весьма высоки. Распределение магматических пород, по С. П. Соловьеву, (в %) приведено в табл. 79.

Основная масса высококачественных каолинов формируется за счет природных процессов химического выветривания лейкократовых полевошпатовых пород кислого состава (гранитоиды, гнейсы, грану-

литы, кислые эффузивы, аркозы и др.). Специальными исследованиями И. Конта (Konta, 1965) показал, что высокое качество каолинов месторождения Седлец в Чехословакии предопределено особенностями минерального и химического состава исходных гранитов, обладающих низким содержанием красящих окислов Fe_2O_3 и TiO_2 .

Таблица 79

Тип пород	СССР	Урал	Украина
И н т р у з и в н ы е			
кислые	27,9	33,3	93,6
основные и ультраосновные	1,3	22,8	3,7
щелочные	0,2	0,1	1,5
Э ф ф у з и в н ы е			
кислые	7,7	5,4	—
основные	62,9	39,3	1,2

В невыветрелых светлых турмалинсодержащих карловарских гранитах суммарное содержание указанных окислов не превышает 2,5%. По мнению И. Конта, месторождения высококачественных каолинов типа Седлец следует искать в областях развития древних кор выветривания гранитов, близких по составу карловарским. Как полагает И. Бабурек (Baburek, 1964), залежи качественных каолинов возникли при выветривании тонкозернистых разновидностей гранитов массива Карловы Вары, характеризующихся большой щелочностью и малой железистостью.

Граниты юго-западной части Великобритании, за счет химического выветривания которых были сформированы известные месторождения высококачественных каолинов Корнуолла и Девона, часто содержат <1% красящих окислов, имеют светлую окраску и отличаются преобладанием калиевого полевого шпата над плагиоклазом. Исследователи, изучавшие корнуоллские каолины (Beiley, 1966; Robinson, 1965), большое значение придают отбеливающему воздействию гидротерм. Низкое содержание красящих окислов свойственно также гранитам днепровотокмовского комплекса, явившимся исходным материалом для формирования наиболее качественных в СССР каолинов Просьяновского месторождения. В. И. Сивоконь (1966) считает, что лучшие сорта каолинов этого месторождения обязаны своим появлением выветриванию микроклиновых гранитов. Средний химический состав каолинов Вершининского участка Просьяновского месторождения приведен в таблице 80 (в %).

Таблица 80

Тип каолина-сырца	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	П.п.п.	Количество анализов
Гранитный . . .	67,61	0,31	22,78	0,36	0,06	0,35	0,04	0,29	0,10	7,98	20
Мигматитовый	68,83	0,40	21,50	0,40	0,08	0,45	0,04	0,00	0,14	8,50	10
Гнейсовый . . .	62,42	0,57	25,88	0,62	0,05	0,30	0,04	0,14	0,11	9,23	13

На Урале верхнепалеозойские микроклиновые граниты образуют пояс крупных массивов Восточно-Уральского тектонического поднятия.

В этой связи закономерна приуроченность важнейших месторождений элювиального каолина к субмеридиональному поясу Урала. Один из крупных гранитных массивов — Челябинский — имеет довольно сложное строение: центральная и западная части сложены преимущественно гранитами неплывовского комплекса (по Б. К. Львову), в то время как восточное крыло состоит из гранодиоритов и кварцевых диоритов. В результате выветривания гранитов было сформировано Полетаевское месторождение элювиальных каолинов, выветривание более основных гранитоидов послужило причиной появления Заварухинского месторождения. Химический состав исходных гранитоидов и каолинов Полетаевского и Заварухинского месторождений приведен в табл. 81 (в %).

Таблица 81

Компоненты	Полетаевское месторождение		Заварухинское месторождение	
	Гранит, по Б. К. Львову (1966)	Каолин, по Т. К. Одицовой, Ю. А. Аввакумову	Кварцевый диорит	Каолин, по Б. В. Волкову
SiO ₂	72,92	66,88	60,50	59,46
TiO ₂	0,17	0,28	0,98	0,62
Al ₂ O ₃	14,40	23,14	14,94	26,91
Fe ₂ O ₃	0,67	1,0	3,48	3,88
FeO	1,50	Не опр.	3,82	Не опр.
MnO	0,05	Следы	0,10	Следы
MgO	0,77	0,25	3,66	1,00
CaO	0,88	0,12	5,24	0,65
Na ₂ O	3,16	0,07	3,31	Не опр.
K ₂ O	4,34	1,19	2,37	"
П.п.п.	0,77	7,80	1,16	7,81
Сумма	99,63	—	99,56	—

В условиях палеографической обстановки, благоприятствующей развитию процессов выветривания, качество промышленных каолинов, генерированных в корях выветривания, во многом определялось гранитоидами (вещественным составом и текстурными особенностями).

В пределах месторождений свойства каолинов меняются в зависимости от разнообразных по составу и строению исходных пород. Например, Полетаевское месторождение, на котором наиболее качественные каолины образовались в результате выветривания маложелезистых жильных аплитов, а вмещающие их граниты преобразованы в каолины с более высоким содержанием красящих окислов (Петров, 1943).

В табл. 82 приведен химический состав (в %) гранитов, послуживших исходным материалом для формирования крупнейших месторождений элювиальных каолинов в СССР и за рубежом.

Из табл. 82 видно, что граниты с пониженным содержанием красящих окислов, послужившие исходной субстанцией для преобразования в высококачественные каолины, являются высококалийными с преобладанием микроклина над кислым плагиоклазом. При благоприятных условиях значительные залежи качественных каолинов могут сформироваться в результате выветривания гранитоидов более основного состава, например Алексеевское месторождение (Казахская ССР), где выветриванием изменены породы, почти не содержащие калиевого полевого шпата — плагиограниты и кварцевые диориты.

Химический состав пород Алексеевского и Просяновского месторождений приведен в табл. 83 (в %).

Таблица 82

Компоненты	Карловы Вары, Чехословакия, по М. Кижварт (Kuzvart, 1969)	Корнуолл, Великобритания, по С. Бристоу (Bristow, 1968)	Просняновское месторождение УССР, по Э. А. Спектор	Челябинская область, РСФСР, Г. Б. Ферштатер
SiO ₂	74,72%	72,50%	70—75%	72,40±0,33%
TiO ₂	0,12	0,09	0,02—0,23	0,23±0,025
Al ₂ O ₃	11,64	15,20	13,65—15,34	14,60±0,19
Fe ₂ O ₃	1,02	0,65	0,35—1,41	0,60±0,10
FeO	1,21	He опр.	0,13—1,74	1,44±0,16
MnO	0,23	" "	He опр.	0,05
MgO	0,31	0,30	0,15—0,64	0,57±0,07
CaO	1,16	1,30	0,62—1,67	0,34±0,12
Na ₂ O	3,13	3,38	3,05—4,44	3,57±0,12
K ₂ O	4,35	4,16	3,74—5,52	4,29±0,16
P ₂ O ₅	0,36	He опр.	0,16	He опр.
H ₂ O ⁺	0,89	" "	0,25—2,41	0,57
H ₂ O ⁻	0,21	" "	—	—
Сумма	99,21%	97,58%		

Влияние петрографических особенностей исходных пород на состав и свойства каолинов хорошо прослежено на месторождениях, возникших при выветривании кислых эффузивов. Так, на северо-западе Саксонии (ГДР) Г. Швертнер (Schwertner, 1967) описал разрез каолинов протяженностью 200 м и глубиной 7 м. Здесь содержится (в %): каолинита 40—75, смешанно-слоистых минералов 8—33, кварца 13—30.

Колебания содержаний вызваны неоднородностью состава и строения первичных эффузивных пород; особенно заметное влияние оказывает содержание стекла в основной массе.

Витрофирам и пехштейнам соответствуют каолины с высоким содержанием смешанно-слоистых глинистых минералов, обладающие в связи с этим специфическими физико-механическими свойствами и повышенной железистостью. Каолины, образованные за счет фельзитов, содержат много мелкого кварца, почти не удаляющегося при отмучивании.

Место-рождение	Порода	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	П.п.п.
Просьяновское	Микроклин-овые граниты	70—75	0,02—0,23	13,65—15,34	0,5—1,7	0,6—1,7	0,65—2,67	3,75—5,62	3,05—4,44	7,98
	Каолин-сырец	67,61	0,31	22,78	0,36	0,35	0,06	0,29	0,04	
Алексеевское	Плагио-граниты	67,74	0,26—0,35	13,85—16,0	2,0—2,33	2,6—3,8	0,6—1,10	1,80—2,20	3,60—3,90	7,22
	Каолин-сырец	67,3	0,50	22,63	0,56	0,17	0,26	1,15	0,16	

ФАЦИАЛЬНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Разнообразные сочетания тектонических и климатических условий закономерно ведут к формированию естественных комплексов осадочных пород, отдельные члены которых тесно парагенетически связаны между собой, т. е. имеются в виду осадочные формации, в понимании Н. П. Хераскова (1952), В. В. Белоусова (1954) и Н. С. Шатского (1960). К наиболее широко распространенным парагенетическим (фациальным) рядам, слагающим терригенные платформенные и субплатформенные формации, Н. С. Шатский (1960) отнес ряд: каолиновая кора выветривания гнейсов и гранитов — каолинистые пески — кварцевые пески — кварцевые алевриты — каолинистые глины.

Развивая это положение, И. И. Гинзбург (1963) ввел понятие «формация коры выветривания». Он считает, что направление твердого и жидкого стоков определяется положением пониженных участков пене-плена, представляющих собой опущенные тектонические блоки, унаследованные обычно от древнего структурного плана. В опущенных блоках кора выветривания часто перекрыта продуктами выветривания, снесенными с поверхности более приподнятых участков пене-плена, соответствующих положительным тектоническим структурам. Снос и переотложение глинистого материала, генерированного в коре выветривания, могут возобновляться. На восточном склоне Урала верхнетриасовая юрская кора выветривания послужила источником поступления глинистого материала при формировании залежей переотложенных каолинов юрского, мелового и олигоценного возраста.

Переотложенные каолины обычно образуют линзы и прослои среди песчаных отложений, входящих в осадочную субформацию каолиновой формации коры выветривания. Переходы между кварцевыми песками, каолинсодержащими песками и отмученными каолинами постепенные. Распределение залежей переотложенных каолинов определяют такие элементы палеографии, как древние речные долины, эрозионно-тектонические депрессии, карстовые поля и др. По-видимому, наиболее благоприятна для значительного накопления вторичных каолинов обстановка прилегающей к пене-плению аккумулятивной равнины с характерным для нее литокомплексом аллювиально-озерных отложений или отложений временных небыстрых водотоков. Во многих случаях переотложенные каолины и каолинсодержащие пески в разрезе находятся рядом с прослоями белых и пестроцветных глин, а также углей и углистых глин, что свидетельствует о этапах замедленной эрозии каолинового элювия. Каолины, испытавшие незначительные перемещения (чаще всего в границах распространения элювиального покрова), по свойствам мало

отличаются от остаточных каолинов, а визуально часто неотличимы от них. Каолины такого типа являются делювиально-пролювиальными, т. е. отложениями пологих склонов и их подножий, поэтому их целесообразно называть смещенными.

На максимальном удалении от мест генерации каолинового глинистого материала отлагаются высокодисперсные тонкоотмученные каолины озер и лагун аккумулятивной равнины. Они достаточно четко отличимы от элювиальных каолинов отсортированностью, пластичностью, присутствием органической субстанции, повышенным содержанием красящих окислов и менее однородным минеральным составом глинистой составляющей, в связи с чем рассматриваются обычно как особый вид нерудного сырья (огнеупорные глины).

Связующим звеном между смещенными каолинами и огнеупорными глинами являются залежи переотложенных каолинов, формирование которых происходило в аллювиально-озерных условиях. В зависимости от гидродинамических и физико-химических особенностей среды переотложения формируются разнообразные по окраске, гранулометрии и морфологии залежи природно-отфракционированных каолинов, а также в разной степени запесоченных каолинов или каолинсодержащих песков. Формирование каолинсодержащих песков и залегающих в них линзовидных прослоев вторичных каолинов и каолинитовых глин связано в основном с осаждением материала, поступавшего при размыве каолинового горизонта коры выветривания в периоды некоторой тектонической активизации; происходит также дополнительная каолинизация осадков за счет неозювия с вероятным участием гумусовых соединений. Основные предпосылки, определяющие закономерную локализацию переотложенных каолинов, в условиях гумидного климата и типичного для платформ тектонического режима следующие.

1. Близость к областям сноса, сложенным глубоковыветрелыми (каолинизированными) полевошпатовыми породами или каолин-гидрослюдистыми осадочными породами. Петрографический состав питающей провинции определяет литологические особенности и свойства переотложенных каолинов. Так, Украинский кристаллический массив и Восточно-Уральское поднятие, где кислые интрузивные породы являются самыми распространенными, характеризуются массовым накоплением каолинсодержащих песков и грубодисперсных каолинов с подчиненными прослоями тонкодисперсных и пластичных огнеупорных глин. Переотложение продуктов выветривания осадочных пород закономерно приводит к формированию преимущественно тонкодисперсных и пластичных глин каолинитового и гидрослюдисто-каолинитового состава. Например, месторождения северо-запада Московской антеклизы (Боровичско-Любытинский район), для которых источником каолинового материала послужила кора выветривания гидрослюдистых глин девона (Вишняков, 1963), или месторождения Часовярской группы (Донбасс), образовавшиеся путем переотложения коры выветривания гидрослюдистых сланцев верхнего карбона (Куликов, 1967).

Если масштабы накопления каолинсодержащих осадков находятся в прямой связи с интенсивностью развития каолинового выветривания и скоростью эрозии каолинового элювия на близлежащих водосборах, то качественные показатели переотложенного каолинового материала в значительной степени зависят от петрографических и литологических особенностей каолинизированных пород.

2. Наличие элементов древнего рельефа, благоприятных для накопления залежей переотложенных каолинов. По Т. Бейтсу (Bates, 1964), промышленные осадочные глины могут формироваться там, где условия являются благоприятными для того, чтобы достаточное количество глинистых частиц отделилось от ассоциирующего с ними песчанистого материала и отложилось без заметного разбавления инородными обломоч-

ными или хемогенными осадками. Наиболее благоприятные условия для сепарации и осаждения глинистого материала, поступающего в водооток при размытии кор выветривания, создаются в озерах предгорной аккумулятивной равнины, в долинах и дельтах рек, дренирующих области пенепплена. Например, восточный склон Урала, здесь накопление переотложенных каолинов и каолинсодержащих песков происходило в непосредственной близости от обширных, подвергшихся денудации площадей распространения каолинизированных гранитоидов. Миграция каолинового материала происходила по системе древних долин, четко ориентированных вдоль границ многочисленных гранитных массивов и была направлена в сторону озерных ванн аккумулятивной равнины Зауралья или в направлении озерных водоемов, образовавшихся за счет подпруживания широких речных долин, например по системе Орских депрессий. По мере удаления каолинового материала от мест его генерации происходит все более контрастное отделение глинистых частиц от песчано-алевритовой составляющей стока. Природная диспергация каолинового материала приводит к нарушению степени совершенства кристаллической решетки каолинита и постепенной потере его частицами специфической огранки. Расширенные, переуглубленные или резко искривленные участки депрессий в гидродинамическом отношении были, видимо, наиболее благоприятными для осаждения тонких каолиновых осадков, содержащих незначительную примесь песчано-алевритовых зерен.

Закономерная приуроченность залежей переотложенных каолинов к структурно-эрозионным и тектоническим депрессиям характерна для всех пенеппленов: Украинского щита (Дубяга, Кондрачук и др., 1971), Уссури-Ханкайского массива (Мигута, 1963) и др.

3. Кислая восстановительная реакция водной среды, определяющая высокую миграционную способность железа и прогрессирующая гидролиз полевошпатовых и слюдяных частиц в процессе их транспортировки и диагенетического переобразования. Существование восстановительных условий находит подтверждение в присутствии прослоев и линз гумусированных глин, отличающихся серым и темно-серым цветом и содержащих пропластки углистых глин и глинистого угля. Все это является указанием на периодическое торфообразование. Как правило, геохимические условия формирования слабоугленосных терригенных отложений являются оптимальными для накопления в промышленных масштабах светло-серых и белых переотложенных каолинов и каолинсодержащих песков.

Таким образом, накопление переотложенных каолинов определяется существованием эрозионно-структурных и тектонических депрессий, находящихся в непосредственной близости от ореолов развития кор каолинового выветривания, а также наличием в подобных депрессиях благоприятных гидродинамических условий, обеспечивающих отмучивание и осаждение тонких илов, содержащих незначительное количество песчано-алевритового материала. Резкая фациальная изменчивость, характерная в большинстве случаев для континентальных осадков, обуславливает необходимость проведения значительных объемов поисковых и разведочных работ, без которых трудно определить истинное положение и размеры залежей кондиционных каолинов.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Анализ связей кор выветривания с поверхностями выравнивания различного возраста и генезиса позволил сделать вывод (Мещеряков и др., 1971) о совпадении на большей части территории СССР эпох интенсивного выветривания с эпохами формирования древних (докайнозойских) денудационных поверхностей выравнивания, что было предо-

пределено этапами тектонической стабилизации. Мощность кор выветривания достигала максимальных значений на завершающих этапах формирования древних денудационных поверхностей выравнивания (пенепленов).

Как древние пенеплены, так и фиксирующие их коры выветривания являются, по А. Д. Наумову (1964), своеобразным маркирующим горизонтом, деформации которого позволяют судить об истории последующего развития той или иной части пенеплена.

Новейшие сводовые и глыбовые поднятия приводят к формированию и развитию молодых тектонических структур, в большинстве случаев повторяющих древний тектонический план. С отложениями, формирующими молодые аккумулятивные равнины, связаны накопления переотложенных каолинов.

Необходимо целенаправленно применять геоморфологические и неотектонические критерии, чтобы достовернее оценить перспективы конкретных районов в отношении каолиноносности.

Древние пенеплены позднейшими тектоническими движениями подразделены на области и районы, имеющие специфический геоморфологический облик и одновременно разную степень сохранности кор выветривания. В связи с этим данные о геоморфологическом районировании заключают в себе ценную информацию, весьма важную для прогнозных построений и ориентации поисковых работ. Наиболее значительный прогнозный фактор — это преимущественная приуроченность мощных площадных (десятки метров) сиалитных кор выветривания к уцелевшим от глубокого размыва фрагментам древних пенепленов. За пределами таких фрагментов сохранились лишь линейные коры выветривания, т. е. «корни» ранее существовавшего почти сплошного элювиального покрова.

Распространение кор выветривания в пределах современных геоморфологических областей Урала, по А. П. Сигову (1968), приведено в табл. 84. Область стабилизированной части древнего Уральского

Таблица 84

Геоморфологическая область	Площадь, покрытая корами, %
Денудационная равнина Предуралья	1,4
Урал, зона кряжа	1,6—13,2
Урал зона пенеплена	
стабилизированная подзона	51,7
приподнятая подзона	11,7
отпрепарированная, приподнятая подзона Среднего и Северного Урала	30,0
отпрепарированная подзона Южного Урала	61,0
Западно-Сибирская Низменность	72,0

пенеплена характеризуется высокой сохранностью кор выветривания, здесь же сосредоточена основная часть месторождений элювиальных каолинов.

Хорошо сохранились коры выветривания в области захоронения под сплошным покровом осадочных пород Западно-Сибирской низменности. Южная часть пенеплена, которая в плиоцен-четвертичное время была частично отпрепарирована от перекрывающих отложений каракольской

серии (ранний миоцен), перспективна для прогноза и поисков каолиновых месторождений. Интерес представляют участки коры выветривания гранитов, расположенные под маломощной кровлей; здесь можно предполагать присутствие не затронутой размывом верхней зоны каолинового профиля выветривания. Медленное воздымание Урала приводит к углублению эрозионного вреза речных долин и дальнейшему сокращению площадей, занимаемых корами выветривания на современных водоразделах.

Другая провинция регионального развития кор каолинового выветривания — Украинская представляет собой пенепленизированное плато с общим уклоном с запада-северо-запада на юго-восток. Поверхность кристаллических пород характеризуется гипсометрическими ступенями, представляющими собой, по А. У. Литвиненко и М. Д. Эльянову (1967), разновозрастные уровни денудации. На этом основании Украинский щит подразделен на четыре района: 1) Западный, или Воыно-Подольский (с отметками поверхности фундамента 160—280 м); 2) Центральный (100—180 м); 3) Восточный, или Приднепровский (40—120 м); 4) Приазовский (60—300 м).

Больше всего кора выветривания размыта на площади Приазовского района, меньше в Центральном и Приднепровском районах. В целом кора выветривания присутствует на большей части щита, мощность ее испытывает значительные колебания в зависимости от амплитуды молодых (альпийских) блоковых подвижек.

В границах того или иного геоморфологического района, характеризующегося хорошей сохранностью древнего элювиального покрова, важное прогнозное и поисковое значение имеют локальные геоморфологические и неотектонические факторы. Следует принимать во внимание наличие или отсутствие эрозионно-структурных депрессий, дренирующих древние пенеплены. Появление депрессий вызвано избирательным характером эрозии и контролируется положением зон тектонической нарушенности и выходами малоустойчивых пород (известняков, сланцев, эффузивов). Интенсивный дренаж, обычный для ослабленных зон, приводит к закономерному возрастанию мощности кор выветривания в прибортовых частях депрессий. В дальнейшем древние долины являлись преимущественно областями аккумуляции осадков, что в наибольшей степени способствовало предохранению профиля выветривания от размывов. Роль эрозионно-структурных депрессий в локализации месторождений элювиальных и переотложенных каолинов четко прослежена в пределах Урала (Горбачев, 1968) и, видимо, свойственна другим каолиновым провинциям. В пределах крупных, как правило, унаследованных неотектонических структур и соответствующих им типов рельефа (пенеплен, кряж, аккумулятивная равнина) в результате дифференцированных тектонических движений обособляются локальные поднятия и впадины.

Локальные поднятия демонстрируют ту или иную степень размыва кор выветривания, вплоть до полного их уничтожения. Наиболее часто локальные поднятия соответствуют по площади крупным гранитным массивам. Присводовые части таких поднятий лишаются элювиального покрова, глинистые продукты выветривания сохраняются лишь по периферии массивов или приурочены к линейным фрагментам коры выветривания.

Важнейшая роль новейших опусканий в локализации месторождений элювиальных каолинов неоднократно подчеркивалась многими исследователями, изучавшими каолиноносность отдельных регионов СССР. Так, наибольшая сохранность каолиновых кор выветривания в пределах молодых тектонических депрессий установлена в центральной части Усури-Ханкайского массива (Мигута, 1963), на площади Центрального Казахстана (Разумова, 1956), во многих каолиноносных районах

Украинского кристаллического массива (Дубяга и др., 1971). Тектонические депрессии одновременно служат вмещающим залежей переотложенных каолинов и каолинсодержащих песков; ярким примером является Ангренское месторождение.

Новейшие тектонические движения приводят к активизации древних тектонических швов и появлению односторонне приподнятых блоков, флексур, отчетливо выраженных в современном рельефе уступами разной протяженности и высоты. Один из наиболее протяженных геоморфологических уступов (рис. 58) проходит вдоль границы пенеплена и аллювиально-озерной равнины Зауралья (Эпштейн, 1952; Сигов, 1948; Шилкин, 1964). Приподнятый и опущенный блоки, разграниченные уступом, резко отличаются друг от друга распространенностью кор выветривания. Менее протяженные уступы могут контролировать пространственное положение отдельных каолиновых месторождений.

Познание истории формирования рельефа на площади длительно существовавшего пенеплена, фиксированного мощной корой выветривания, основанное на признании решающего значения дифференцированных неотектонических движений, окажет значительную помощь в проведении эффективных прогнозных и поисковых работ на каолины и другие полезные ископаемые, генерированные в корях выветривания.

После того как для конкретного региона будет детально проанализированы роль и влияние всех рассмотренных выше критериев, в его границах можно будет выделить определенные области, зоны или участки, в пределах которых с наибольшей вероятностью возможно обнаружение каолиновых залежей.

Поиски в пределах выделенных перспективных площадей следует проводить, ориентируясь на прямые или косвенные поисковые признаки, которые конкретно указывают местоположение каолиновой залежи. Прямым признаком является присутствие в естественном или искусственном обнажении белых каолинов или глин гидрослюдисто-каолинитового и каолинитового состава.

Для остаточных каолинов одним из косвенных признаков присутствия мощных каолиновых залежей является существование впадин

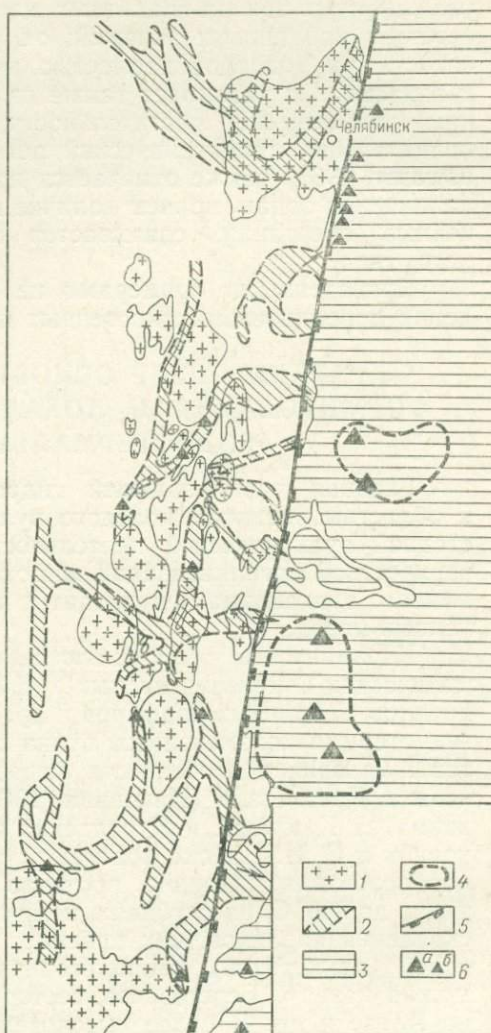


Рис. 58. Схема размещения месторождений переотложенных каолинов относительно важнейших геологических и геоморфологических элементов восточного склона Южного Урала

1 — интрузии гранитоидов; 2 — олигоценовые речные долины; 3 — область развития покровных отложений мезо-кайнозоя; 4 — олигоценовые озерные ванны; 5 — зона геоморфологического уступа; 6 — месторождения (а — крупные; б — мелкие)

с аномальным увлажнением, заболоченными участками и даже озерами. В качестве примера можно привести Еленинское месторождение, которое в современном рельефе было представлено заболоченной впадиной, или Кыштымскую залежь каолина, перекрытую торфом. Г. Бидо (Bidaut, 1965), изучавший каолины Франции (Бретань), рассматривает наличие увлажненных зон на гранитных массивах, как косвенный признак присутствия каолиновых залежей; он увязывает это с меньшей трещиноватостью и водопроницаемостью каолинов по сравнению со свежими гранитами. Он указывает также на приуроченность к увлажненным зонам специфической растительности, что можно рассматривать как дополнительный геоботанический поисковый признак. В Индии (Aroyaswamy, 1961) также отмечается приуроченность каолиновых тел к увлажненным зонам, причем наличие потоков, имеющих в плане прямолинейные очертания, связывается с каолиновыми залежами линейного типа.

Приведенными примерами не исчерпываются возможности выявления дополнительных косвенных поисковых признаков.

КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КАОЛИНОВ

Главная часть залежей гидротермальных каолинов приурочена к областям развития молодого вулканизма и связана с сольфатарной стадией вулканической деятельности. Развитие сольфатарной приповерхностной аргиллитизации широко распространено в областях современного вулканизма и приводит к появлению обширных полей обесцвеченных пород.

Каолининовые тела являются продуктами гидротермально-метасоматических изменений кислых эффузивных образований типа риолитов, дацитов, кварцевых порфиров и др. и повсеместно связаны с формацией гидротермальноизмененных вулканогенных пород (вторичных кварцитов). Условия и особенности формирования этих пород детально изучены в Казахстане (Наковник, 1968) и областях современного вулканизма на Камчатке и Курильских островах (Набоко, 1968). Н. И. Наковник и С. И. Набоко полагают, что процесс гидротермального каолинообразования, очевидно, протекал в кислой обстановке, при температурах до 200°С, на глубинах, не превышающих 1 км. Наиболее крупные скопления каолинов, как правило, приурочены к кварц-алунито-каолиновой (диккитовой) фации вторичных кварцитов. В качестве примера можно назвать Береговское месторождение в Закарпатье, Секисовское на Алтае и др. В более высокотемпературной корунд-диаспор-андалузитовой фации минералы группы каолинита присутствуют в небольших количествах и в основном представлены диккитом.

Наиболее молодые (палеоген-неогеновые) гидротермальноизмененные эффузивы Закарпатья и Закавказья, а также аналогичные породы из областей развития современного вулканизма содержат наряду с диккитом значительное количество каолинита, иногда с примесью галлуазита. Эти породы, как правило, слабо уплотненные и по внешнему виду мало отличаются от каолинов коры выветривания. Они вполне удовлетворяют требованиям промышленности.

В более древних гидротермальноизмененных породах Казахстана (пермо-карбон), Урала (силур-девон) и других районов основным глинистым минералом является диккит. Каолиноподобные плотные и массивные породы этого типа получили название агальматолитов.

По данным Л. Хемли (Hemly, 1969), кислотность растворов, из которых могут возникать каолиниты, слюда (мусковит) и калиевый полевой шпат, пропорциональна изменению температуры (рис. 59). По

сравнению с каолинитом образование слюды и тем более полевого шпата может происходить лишь из растворов значительно большей основности. При высоких температурах растворов поле устойчивости каолинита значительно сокращается, смещаясь в кислую область, в силу чего расширяется поле устойчивого существования слюды и калиевого полевого шпата. При понижении температуры поле устойчивости каолинита значительно расширяется, распространяясь в область более высокой основности растворов. Отсюда следует, что в низкотемпературных гидротермальных условиях, как и в условиях субаэрального выветривания, каолинит более устойчив, чем слюда и калиевый полевой шпат.

В отличие от элювиальных каолинов, переход которых в неизменные материнские породы происходит через относительно маломощную

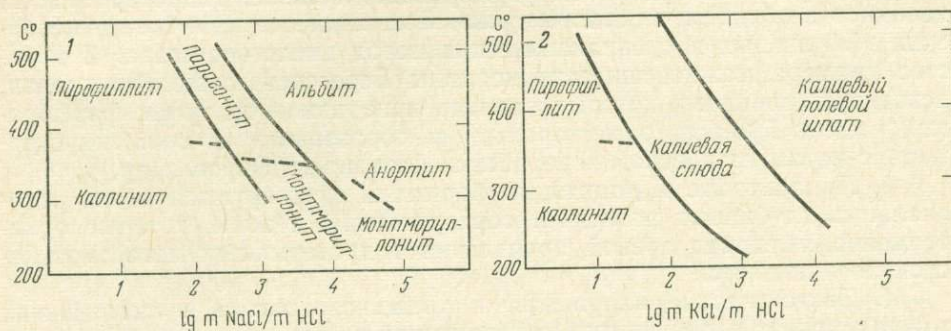


Рис. 59. Примеры равновесных отношений в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ (1) и $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ (2) с хлоридными электролитами (Hemley, 1959)

и однообразную по составу зону промежуточных продуктов выветривания, гидротермальные каолины залегают среди обширных полей гидротермальноизмененных (пропилитизация, адуляритизация, цеолитизация, окварцевание, алунификация и др.) вулканических пород.

В районе г. Берегово (Закарпатская область УССР) месторождения полиметаллических, баритовых, каолиновых и алунитовых руд формировались в близповерхностных условиях и связаны с экструживно-эффузивным комплексом кислых лейкократовых липаритов (Фишкин, Чемурако, 1970). Характерная особенность района заключается в смене с глубиной баритовых, алунитовых и каолиновых руд полиметаллическим оруденением, сопровождающимся адуляровыми и гидрослюдисто-адуляровыми метасоматитами. Отмечается также увеличение содержания гидрослюды и монтмориллонита, в силу чего кварц-каолиновые вторичные кварциты с глубиной сменяются полиминеральными аргиллитами.

Гидротермально-метасоматические месторождения Азербайджана (Загликское, Кара-Мурадское и Чардахлинское) также обнаруживают пространственную и генетическую связь со скоплениями алунита (Сеидов и др., 1967).

Явно гидротермальный генезис имеют также отдельные разновидности фарфорового камня, т. е. частично каолинизированные и осветленные породы, которые в ряде случаев без предварительного обогащения используются в производстве тонкой керамики.

Гидротермальные каолинопроявления и месторождения невелики. Наиболее крупное из изученных месторождений — Береговское содержит всего 4 млн. т каолина. Гидротермальные каолины имеют пестрый минеральный состав в связи с постоянной примесью кварца, алунита, сульфидов, окислов железа и других минералов, характерных для вторичных кварцитов (пиррофиллит, диаспор, корунд и др.). Однако не всегда каолин, обязанный своим происхождением сольфатарному про-

цессу, резко отличается от каолинов коры выветривания. Так, в Румынии в области Марамуреш среди эффузивных пород (андезиты, риолиты, дациты) обнаружен гидротермальный каолин (месторождения Кавник, Вая-Сприе, Илва), пригодный для производства тонкой керамики (Stoicovici e.a., 1967). В нем кроме каолинита и кварца в подчиненных количествах присутствуют серицит, хлорит, лимонит, пирит.

Для прогноза гидротермально-метасоматических каолинов формации вторичных кварцитов нужно учитывать следующие факторы.

1. Проявления и месторождения каолинов в основном приурочены к области молодой (альпийской) складчатости и вулканизма. В этом смысле, по-видимому, представляют интерес районы возрожденной складчатости (Средняя Азия).

2. Непременным условием формирования залежей гидротермальных каолинов в областях молодого вулканизма является наличие кайнозойских эффузивных и субвулканических пород кислого состава. В качестве примера можно привести каолины Береговского месторождения, исходными породами которых явились липариты и их туфы; фарфоровый камень Гусевского месторождения образовался за счет гидротермально-метасоматической переработки фельзит-порфиоров и др.

3. Липаритовые и дацитовые формации формируются вдоль региональных глубинных разломов, образуя гряды и зоны, которые одновременно являются ареной проявления гидротермально-метасоматической каолинизации.

4. Тектонические нарушения и трещиноватость в вулканических толщах служат подводными каналами для поствулканических термальных растворов и контролируют пространственное положение каолиновых залежей.

5. Важным фактором, способствующим широкому развитию каолинизации, является не только кислый состав исходных эффузивов, но и высокая пористость отдельных горизонтов вулканогенной толщи, например туфов.

6. Молодая тектоника деформирует ранее сформированные зоны гидротермальноизмененных пород и содержащиеся в них залежи каолинов.

Перспективы практического использования гидротермальных каолинов, генетически связанных с формацией вторичных кварцитов, не ясны.

Происхождение другого, менее изученного, подтипа гидротермальных каолинов связано с процессами низкотемпературных метасоматических преобразований кислых интрузивных пород (гранитоидов). Гидротермальные изменения во многих случаях четко контролируются расположением рудных жил и достигают мощности в несколько десятков метров. В подобных случаях по периферии жильных тел прослеживается сложная метасоматическая зональность, часто присутствуют зоны существенно каолинитовых (диккитовых) аргиллитов. Каолиновые залежи жильной и штокообразной формы в гранитах описаны для Японских островов. Гидротермальный каолин описан Я. Вакулом и И. Бабуреком (1967) в окрестностях г. Киселки (Карловы Вары, Чехословакия), как результат воздействия углекислых вод ювенильного происхождения на граниты в поствулканический этап развития региона. Гидротермальный каолин отличается от каолина кор выветривания, широко распространенного в области Карловы Вары, следующими особенностями: 1) полнотой разложения и стабильностью в вертикальном направлении; 2) низким содержанием Fe_2O_3 и TiO_2 ; 3) снижением содержаний Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 в тонких фракциях; 4) присутствием железа в форме жилок и сферолитов сидерита и гётита.

Зоны гидротермальной каолинизации гранитов отчетливо контролируются тектоническими нарушениями и нередко сопровождаются на поверхности минеральными источниками. На территории СССР не уста-

новлено промышленных залежей гидротермальных каолинов «гранитного» подтипа, однако следует изучать зоны каолинизации в гранитах.

Вопрос о форме и масштабах участия термальных вод в формировании промышленных месторождений каолина не выяснен. Существует точка зрения, что крупнейшие месторождения каолинов Великобритании и Франции имеют гидротермальный генезис. Подобного мнения придерживались многие исследователи конца XIX—начала XX века (Rösler, 1902). Аналогичные положения изложены в ряде работ (Hosly, 1951 г.; Brown, 1953 г.; Nicolas, 1956 г.; Bristow, 1969 г. и др.).

Безусловных доказательств гидротермального генезиса крупных каолиновых месторождений в гранитах нет. Некоторые исследователи как ранее (Линдгрэн, Райс), так и теперь (В. П. Петров) высказываются против применения гидротермальной гипотезы к объяснению генезиса крупнейших каолиновых месторождений Европы. В. П. Петров (1968) полагает, что геологические и минералогические особенности месторождений Корнуолла (юго-запад Великобритании) можно объяснить с позиций формирования каолиновой коры выветривания гранитов, предварительно испытавших пневмо-гидротермальную проработку (грейзенизацию и др.). Существует реальная возможность комбинации каолинов коры выветривания с каолинами гидротермально-метасоматического происхождения. Примером могут служить месторождения гор Махлангача (Свазиленд, Южная Африка), приуроченные к дайкам долеритов, секущим кварциты докембрия. Каолины образовались в две стадии, первая из которых связана с гидротермальной деятельностью, вторая—с процессами приповерхностного выветривания (Hunter, Ugie, 1966).

В СССР гидротермальные каолины и фарфоровые камни имеют значительно меньшее промышленное значение, чем каолины кор выветривания. Для районов, где перспективы обнаружения элювиальных каолинов весьма ограничены (области молодого вулканизма и большая часть территории возрожденной складчатости), гидротермальные каолины и фарфоровые камни могут служить ценным источником керамического сырья. Например, Гусевское месторождение фарфорового камня в Приморье. Прогнозно-ревизионные работы по оценке проявлений гидротермальных каолинов и фарфоровых камней проводятся в Закавказье и Средней Азии.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАОЛИНОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

Полная промышленная оценка каолинов как сырых, так и обогащенных может быть дана лишь после керамических испытаний и получения пробной партии готовой продукции. Однако ориентировочные представления о возможной области применения каолинов можно получить, исходя из данных химических и минералогических исследований.

Химический и фазовый состав природных каолинов связан друг с другом тесной зависимостью. Это положение наиболее отчетливо можно проследить на примере идеализированной модели каолина, состоящего лишь из двух наиболее устойчивых в зоне выветривания минералов — каолинита и кварца; каолинит имеет формулу $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Соответственно обогащенный каолин при условии полного удаления кварца должен на 100% состоять из каолинита и, следовательно, иметь в своем составе 46,5% SiO_2 , 39,5% Al_2O_3 и 13,96% H_2O . Согласно данным, полученным П. Керром и П. Гамильтоном (Kerr, Hamilton, 1950), при самом тщательном обогащении каолины содержат как минимум 2,5% примесей, вследствие чего состав идеальной каолинитовой фракции можно представить в следующем виде: SiO_2 (каолинита) 45,35%; Al_2O_3 — 38,5%; H_2O 13,65%, примеси 2,5%.

Каолины, кроме каолинита и кварца, содержат в тех или иных количествах минералы, содержащие Si и Al, многие из которых имеют сложный и непостоянный состав. Даже наиболее тщательно обогащенные промышленные каолины Европы содержат 90,4—93,1% каолинита, 3,2—6,8% мусковита, 1,7—3,4% кварца (Köster, 1964).

При относительной однородности состава каолинов можно, сделав выборку из результатов опробования, вычислить коэффициенты корреляции между относительными содержаниями Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 и потерями при прокаливании, а затем, составив уравнения регрессии, с достаточной точностью вычислить содержания указанных окислов, опираясь на аналитические определения потерь при прокаливании. Примером может служить ускоренный метод оценки качества каолина, внедренный на Велико-Анадольском заводе (Шахнович, Примаченко, 1970). Содержания $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ и Al_2O_3 в переотложенном каолине Владимирского месторождения (УССР) определялись по потерям при прокаливании с помощью номограммы. Расхождение с результатами химического анализа (трилоновый способ) не превышает $\pm 0,5\%$. Основным достоинством метода является быстрота определения при массовых анализах каолинов. Подобные методы, вполне правомерные для переотложенных, природно гомогенизированных каолинов, вряд ли могут быть широко применены в приложении к столь изменчивому объекту, как элювиальные каолины. Несложные дополнительные вычисления позволяют, используя достаточно полные химические анализы обогащенных каолинов, составить представление об особенностях их минералогии. При этом принимаются во внимание довольно постоянные для каолинита отношения: 1) % SiO_2 : % $\text{H}_2\text{O} = 3,32$; 2) % Al_2O_3 : % $\text{H}_2\text{O} = 2,82$; 3) % Al_2O_3 : % $\text{SiO}_2 = 0,85$.

При повышении $\% \text{SiO}_2 : \% \text{H}_2\text{O}$ выше указанного уровня образуются избыточные количества кремнезема, присутствующего в свободной форме (кварц и опал) и в составе более высококремнеземистых по сравнению с каолинитом слоистых алюмосиликатов (слюды, смешанно-слоистые минералы). В последнем случае должно наблюдаться пропорциональное возрастание в содержании щелочей. Генерированный в природных условиях каолинит не строго отвечает приводимой выше формуле, что вызвано различными дефектами кристаллической решетки каолинита, изоморфными замещениями $[\text{Al}]^6$ на Ti , Fe , Mg и $[\text{Si}]^4$ на Fe , Al , присутствием Ca , Na , K в форме сорбированных ионов, наличием в каолините мельчайших включений других минералов.

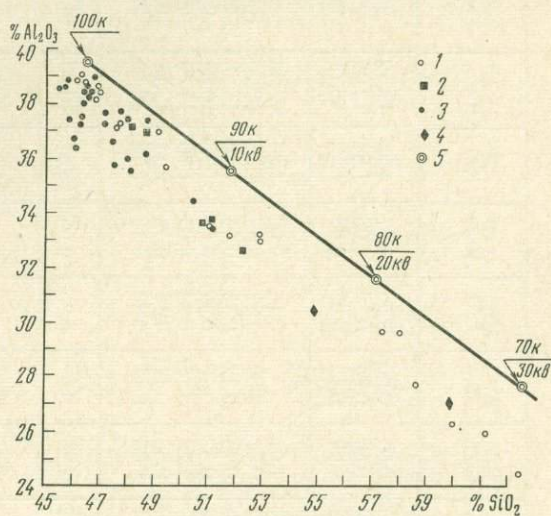


Рис. 60. Содержание SiO_2 и Al_2O_3 (после обогащения) в каолинах, образовавшихся при выветривании
 1 — кислых эффузивов; 2 — аркозов;
 3 — гранитоидов; 4 — глинистых сланцев;
 5 — идеальные смеси каолинита (к) с кварцем (кв)

Все эти трудноучитываемые и весьма индивидуальные особенности минералогии сказываются на вариациях химического состава природных каолинов даже в пределах одного месторождения.

В табл. 85 приведены химические анализы обогащенных элювиальных каолинов, заимствованные из различных зарубежных литературных источников. Анализы обогащенных каолинов ряда отечественных элювиальных месторождений сведены в табл. 86. Отбирались преимущественно усредненные по месторождению данные или анализы представительных проб.

Каждому анализу полученной выборки соответствует фигуративная точка (рис. 60). Отчетливо видна группировка фигуративных точек вдоль линии, отвечающей вариациям содержаний SiO_2 и Al_2O_3 в смеси кварца и идеального каолинита. Наибольшие отклонения от линии идеальных составов наблюдаются у фигуративных точек, соответствующих каолинам, образовавшимся при выветривании кислых эффузивов, что вызвано присутствием в них заметных количеств гидрослюд и смешанно-слоистых минералов. В наибольшей степени приближаются к пределу фигуративные точки «гранитных» каолинов; среди них отмечается разная степень отклонения от линии идеальных составов, что связано главным образом с присутствием большей или меньшей примеси слюдястых минералов, а также с разбавляющим влиянием несодержащих Al и Si минералов, в первую очередь окислов и гидроокислов полевого шпата и мусковита. Значения $< 2,82$ являются указанием на присутствие в каолинах высокогидратированных соединений (галлуазит, гиббсит).

Отношение $\% \text{Al}_2\text{O}_3 : \% \text{SiO}_2$ (кремневый модуль), отклоняющееся в большую или меньшую сторону от значения 0,85, свидетельствует

Страна, район, месторождение, фракция или сорт каолина	Материнская порода	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.	Сумма	Литературный источник
Англия, Корнуолл. Standart Porcelain	Гранит	47,20	0,05	37,60	0,50	0,20	0,20	0,07	1,35	12,62	99,79	R. T. Beiley (1966)
" " Grolleg	"	47,70	0,03	37,20	0,60	0,25	0,10	0,08	1,84	12,06	99,86	
" " Remblend M.	"	46,76	0,07	37,93	0,69	0,15	0,08	0,08	1,42	12,73	99,91	
Франция, Бретань. Кесой < 0,04 мм	Гранулит Гранит	47,57	1,15	37,14	1,07	—	0,18	0,06	1,26	12,38	99,74	L. Demiani et F. Trautmaun (1969 г.)
" " Пломер < 0,04 мм		46,87	0,33	38,22	0,97	0,20	0,28	0,19	1,25	12,26	100,57	
" " Лалье. Бовуар V.I.P.		48,80	Следы	37,35	0,25	0,12	0,34	0,04	1,80	11,23	99,83	
" " " V.I.O.		49,17	"	36,89	0,52	0,18	0,42	0,05	1,76	10,99	99,98	
" " " V.O.N.		46,96	"	38,39	1,22	0,18	0,42	0,05	1,76	11,50	100,48	
" " " B.A.		46,42	0,01	38,40	0,59	0,17	0,18	0,14	2,11	12,18	100,20	
" " " B.A.	45,53	0,01	38,54	1,05	0,17	0,20	0,13	1,78	12,19	99,60		
ФРГ. Бавария. Тиршенройт. < 0,02 мм	"	48,10	0,38	35,55	1,24	—	0,25	0,05	3,51	10,90	100,05	H. J. Lippert, F. Lob, S. Meisl e. a. (1969)
Чехословакия. Карловы Вары. Седлец	"	45,68	0,15	38,55	0,70	0,07	0,26	0,70	13,89	100,00	V. Hezky (1954)	
То же Standart		46,53	0,17	38,62	0,78	Следы	0,25	0,29	13,36	100,00		
" " Imperial		46,34	0,18	38,98	0,74	"	0,09	0,22	13,48	100,03	I. Konta (1969)	
" " Osmosa < 0,02 мм		46,32	0,25	37,53	0,61	0,55	1,40*	0,03	0,30	13,47		100,46
" Унайма, Унанов < 0,02 мм		51,12	0,36	33,42	1,00	0,81	0,83	1,86	10,60	99,17	M. Kuzvart (1969)	
" " Виднва < 0,02 мм		45,79	0,49	37,41	1,20	0,37	0,41	0,11	0,77	13,34		99,89
Цейлон. Коломбо. Боралесгомува < 0,02 мм	Гранито-гнейс	46,63	0,33	38,4	0,64	0,25	—	0,06	0,17	14,25	99,58	D. B. Pattarttchi (1969) J. W. Herath (1963)
" " " "	"	45,82	0,78	38,78	0,39	Следы	0,14	0,21	13,90	100,10		
Южная Африка. Ванринсдорф. Коммерческий продукт	Гранит	49,44	—	35,60	0,62	0,80	0,06	0,04	0,59	12,55	99,70	C. B. Coetzee (1969)
Южная Африка. Штелленбош. Коммерческий продукт	"	46,12	0,60	36,37	1,58	0,49	—	0,48	1,08	12,82	99,54	
ГДР. Саксония. Каминау < 0,02 мм	Гранито-диорит	46,92	0,68	33,20	1,15	0,17	0,21	0,06	0,95	12,91	100,19	M. Störr (1966)
Дания. Борнхольм. Ренне. < 0,1 мм	"	46,0	1,7	36,70	1,20	0,20	—	0,10	0,90	12,90	99,70	J. Aemeborg, J. Londam, E. Heller (1968)
Франция. Бретань. Племет < 0,04 мм	Кварцевый диорит	50,46	0,45	34,40	2,03	0,13	0,22	0,60	1,56	9,76	99,61	L. Damiani et F. Trautmaun (1969 г.)
ГДР. Тюрингия. Шпергау < 0,02 мм	Аркоз	51,11	0,45	33,67	0,66	0,15	0,52	0,03	0,59	12,93	100,4	M. Störr (1966)
ФРГ. Бавария. Шнайтенбах < 0,06 мм	"	48,73	0,35	36,95	0,70	0,07		0,20	13,00	100,0	H. J. Lippert, F. Lob, S. Meisl e. a. (1969)	
ФРГ. Бавария. Хиршау. < 0,06 мм	"	48,20	0,30	37,10	0,40	0,30		0,90	12,80	100,00		
Чехословакия. Подборжани. Красный Двур	"	52,29	0,33	32,49	0,56	0,34	1,22	0,03	0,48	12,41	100,01	M. Kuzvart (1969)
Чехословакия. Пльзень. Глумчаны		50,81	0,88	33,61	0,59	0,35	0,25	0,07	1,25	11,26	99,07	
ГДР. Саксония. Галле. Зальмюнде	Кварцевый порфир	52,90	0,27	33,20	0,78	0,32	0,31	0,04	0,98	11,64	100,29	M. Störr (1966)
" Мейсен. Зейлиц	"	62,40	0,22	24,40	1,19	1,40	0,19	0,03	3,72	7,20	100,75	
" Вюрцен. Хехбург	"	58,66	0,33	27,77	0,73	0,27	0,48	0,07	1,20	9,87	99,39	
" Кеммлиц. Ока	"	51,77	0,16	33,20	0,55	0,43	0,48	0,02	0,66	12,38	99,65	
" " Мека	"	57,44	0,14	29,61	0,49	0,20	0,51	0,02	0,68	10,67	99,66	
" " Ека	"	61,24	0,14	25,91	0,85	0,32	0,51	0,03	1,51	9,11	99,63	
" " Wolfka	"	58,00	0,20	29,62	0,28	0,45	0,61	0,02	0,14	11,38	100,60	
" " B. Z.	"	52,90	0,16	33,00	0,39	0,22	0,48	0,02	0,41	12,29	99,97	
ФРГ. Северный Рейн-Вестфалия. Эдитен	Глинистый сланец	59,90	1,30	27,00	1,00	0,40	0,20	0,10	4,10	5,76	99,76	H. J. Lippert, F. Lob, S. Meisl e. a. (1969)

* Внесено в процессе обогащения.

Каолиноносная провинция, месторождение	Материнская порода	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.	Сумма
Украина											
Просняновское	Гранит	46,95	0,48	38,50	0,49	—	0,35	0,09	0,64	13,19	100,69
Глуховецкое	"	46,45	0,60	38,28	0,45	—	0,17	0,04	0,17	13,64	99,80
Дубровское	"	47,47	1,04	35,75	1,18	0,25	0,34	0,02	0,54	12,72	99,31
Белая Балка	"	46,11	0,43	38,81	0,15	0,09	0,15	—	—	13,65	99,39
Турбовское	Гнейс	47,73	1,04	37,70	0,87	0,11	0,37	—	0,14	11,88	99,84
Урал											
Еленинское	Гранит	47,10	1,05	37,25	0,77	0,13	0,29	—	0,33	12,57	99,49
Полетаевское	"	47,96	0,61	36,05	1,27	0,45	0,21	—	1,74	11,71	100,00
Журавлинный Лог	"	46,40	0,31	38,72	0,58	0,24	0,66	—	—	13,26	100,17
Теренсайское	"	51,07	0,20	35,52	0,98	0,13	0,34	0,35	0,75	3,37	92,71
Домбаровское	Гранит, гранодиорит	48,08	0,29	37,42	1,80	0,32	0,45	—	—	11,60	99,96
Кыштымское	Гнейс	48,68	0,64	36,14	1,46	0,18	0,19	—	0,75	12,20	100,24
Казахстан											
Алексеевское	Плагιοгранит, кварцевый диорит	46,31	0,55	37,28	0,39	0,19	0,16	0,09	1,37	12,76	99,10
Средняя Азия											
Ангренское	Кварцевый порфир	60,52	0,44	26,24	1,06	0,20	0,32	—	0,60	9,14	98,52
Западная Сибирь											
Евсинское	Глинистый сланец	54,92	0,75	30,38	0,67	1,96	0,50	0,03	1,29	7,54	98,04

о присутствии в отмученном каолине (кроме каолинита) других минералов, содержащих Al₂O₃ и SiO₂. Кремневый модуль >0,85 в большинстве случаев характеризует каолины, содержащие минералы свободного глинозема. Модуль <0,85 является указанием на присутствие примеси свободного кремнезема (кварц или опал), однако при одновременно высоком содержании щелочей, щелочных земель и железа можно предполагать присутствие щелочных полевых шпатов или слюдистых минералов.

Таким образом, исходя из результатов химического анализа, можно сделать обоснованное предположение о наличии в составе обогащенного каолина тех или иных минеральных примесей, однако подтверждение этому следует искать в результатах минералогических наблюдений.

Достоверно установив минеральные виды, присутствующие в каолине, можно, исходя из данных химического анализа, рассчитать ориентировочный минеральный состав. Физико-химические методы фазового анализа (рентгеновская дифрактометрия, ДТА) не дают полной информации. Для рентгеновской дифракции препятствием может служить низкое содержание минералов-примесей в каолинах. Количественная

интерпретация данных ДТА для такой сложной многокомпонентной системы, как каолин, также встречает значительные трудности. Кроме того, разработка и проверка методики количественного анализа с использованием упомянутых методов оправдывает себя лишь в случае проведения большого количества анализов. И. Имбри и А. Полдерваарт (Imbric, Poldervaart, 1959) разработали стандартный метод расчета минерального состава на примере пород толщи Флорена. Метод позволил оценивать относительные содержания глинистых минералов, доломита, кальцита и кремнезема с точностью в пределах 5%. Для каолинов возможности корреляции химического состава с минералогией показаны в работе Г. Кранца с соавторами (Kranz e. a., 1966). В. Гофман и Г. Хааке (Hofmann, Haaske, 1962) при расчете содержаний каолинита, слюдяного минерала и кварца исходят из предположения, что Al_2O_3 составляет в каолините и диоктаэдрической слюде 38,5%, гидроксильная вода в каолините 14%, в слюде 4,5%.

$$\% \text{ (каолинит + слюда)} = \% Al_2O_3 \cdot \frac{100}{38,5} \text{ и}$$

$$\% \text{ каолинит} = \frac{\% \text{ (гидроксильная вода)} - 0,045 (\% \text{ каолинит + слюда})}{0,095}$$

При этом $\% Al_2O_3$ и H_2O берутся из химического анализа. Приводится следующий пример для расчета минерального состава фракции 32—63 мк:

$$\% \text{ (каолинит + слюда)} = 31,06 \cdot \frac{100}{38,5} = 80,7\%$$

$$\% \text{ каолинита} = \frac{10,40 - 0,045 (80,7)}{0,095} = 71,3\%$$

Результат: 71,3% каолинита
9,4% слюды
19,3% кварца.

При таком расчете кварц определяется как величина дополнительная до 100%. Содержания Al_2O_3 и H_2O в слюде в данном случае рассматриваются как постоянные величины. Более точный пересчет должен основываться на учете содержаний свободного SiO_2 (кварц, опал) и содержаний Al_2O_3 и гидроксильной воды в слюдяном минерале конкретного месторождения.

Если допустить, что весь глинозем распределен в каолине между двумя минералами: каолинитом и слюдой, то рассчитать содержание указанных минералов (в расчете на бескварцевое вещество) можно по формуле

$$\% \text{ каолинита} = \frac{(1 + \% \text{ кварца}/100) \cdot \% Al_2O_3 \text{ анализа} - \% Al_2O_3 \text{ слюды}}{1/100 (\% Al_2O_3 \text{ каолинита} - \% Al_2O_3 \text{ слюды})}$$

$$\% \text{ слюды} = 100\% - \% \text{ каолинита.}$$

$\% Al_2O_3$ каолинита с учетом примесей принимается равным 38,5, содержание кварца определяется любым лабораторным методом, $\% Al_2O_3$ слюды определяется специально для каолинов каждого конкретного месторождения. С учетом присутствия в слюдах алексеевских каолинов 31,5% Al_2O_3 предложенная формула может быть преобразована

$$\% \text{ слюды} = 100\% - \frac{(1 + \% \text{ кварца}/100) Al_2O_3 \text{ анализа} - 31,5}{0,07}$$

Проведена проверка значимости формулы путем сравнения рассчитанных значений $\%$ слюды с результатами прямого определения (табл. 88). При заданной степени надежности ($\alpha=0,95$) допустимая ошибка 1,5%. Как видно из табл. 87, наблюдается довольно хорошее соответствие расчетных значений с экспериментально установленными.

Расчет содержания некаолинитовой глинистой компоненты поможет в объяснении своеобразия физико-механических свойств отдельных разновидностей каолина и в оценке их сортности. Примером может служить Алексеевское месторождение, на котором установлено, что каолины, содержащие более 30% слюды, относятся к низкокачественным и некондиционным. Это вызвано тем, что слюда является носителем железа. Присутствие слюды ухудшает свойства фарфоровых масс. Еще большее влияние на физико-механические свойства каолинов оказывает смешанно-слоистый минерал. Каолины, содержащие наряду с каолини-

Таблица 87

Al ₂ O ₃ , %	Слюда, %		
	расчет по формуле	прямое определение (после аналитического выравнивания)	Δ
31,32	90	91	+1
33,75	57	57	0
34,81	42	42	0
35,32	35	35	0
36,09	24	24	0
36,88	12	13	+1
37,09	9	10	+1
37,70	1	2	+1

том смешанно-слоистые минералы, известны в областях выветривания кислых эффузивов. После отмучивания такие каолины, по свидетельству М. Шторра (Störr, 1966), на 20—50% состоят из смешанно-слоистых минералов, содержащих в среднем 24% Al₂O₃. Подставляя это значение в формулу, можно рассчитать примерное содержание смешанно-слоистых минералов в глинистой фракции каолинов. Ошибки определения будут незначительны ввиду непостоянства и изменчивости состава смешанно-слоистых минералов. Следовательно, применяя ту или иную методику пересчета, можно, используя химико-аналитические данные, вычислить количественное содержание каолинита, кварца, слюды или смешанно-слоистого минерала. Полученная расчетным путем информация о фазовом составе каолинов поможет объяснить и в ряде случаев предсказать те или иные их свойства. Вопросам такого рода специально посвящен фундаментальный труд Р. Е. Грима (1967).

Глинистые минералы, в первую очередь каолинит, составляют основу промышленных каолинов. Однако последние постоянно содержат компоненты, которые отрицательно сказываются на свойствах каолинов и снижают их сортность. В каолинах присутствуют красящие элементы (железо, титан и др.). Сумма красящих окислов (Fe₂O₃+TiO₂) в большинстве промышленных каолинов не превышает 2—3%, для наиболее ценных керамических сортов она не должна превышать 1%. Опыт фарфорового производства показал, что увеличение содержания суммы красящих окислов всего на 0,1% снижает белизну фарфоровых изделий приблизительно на 3% (Юрчак, 1963). Другие элементы-хромофоры (Ni, Mn, V, Cu и др.) обычно присутствуют в количестве около 0,1% и не оказывают большого влияния на окраску каолинов до и после прокаливания.

На рис. 61 показана в графическом виде статистически установленная обратная линейная зависимость белизны обогащенных каолинов Михайловского месторождения от содержания в них Fe₂O₃ или Fe₂O₃+TiO₂. Наиболее тесная связь установлена между белизной каолинов и суммой красящих окислов (значимый коэффициент достигает 0,95%);

при $Fe_2O_3 + TiO_2 < 3\%$ большую степень белизны приобретают обожженные каолины, а при $Fe_2O_3 + TiO_2 > 3\%$ большая белизна свойственна сухим каолинам.

В случае, когда значительная часть железа изоморфно входит в состав глинистых минералов, зависимость между белизной прокаленного каолина и валовым содержанием железа становится менее четкой. В обогащенных каолинах Теренсайского месторождения присутствует значительная примесь тонкочешуйчатой слюды мусковитового ряда (серицит), чему соответствует высокое содержание K_2O , нередко превышающее 5%. Рассчитанный коэффициент корреляции между белизной обогащенного каолина, прокаливаемого при $1350^\circ C$, и валовым содер-

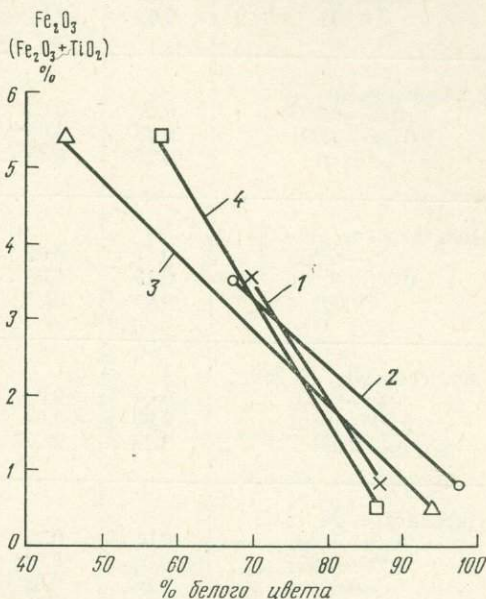


Рис. 61. Содержание красящих окислов и белизна обогащенного каолина Михайловского месторождения

1 — зависимость белизны от содержания Fe_2O_3 и TiO_2 в высушенном состоянии; 2 — то же, после прокаливания; 3 — зависимость белизны от содержания Fe_2O_3 в высушенном состоянии; 4 — то же, после прокаливания

жением окиси железа имеет высокое значение ($-0,43$) и малую достоверность. Видимо, в этом случае проявляется совокупная зависимость белизны прокаленного каолина как от общего содержания, так и от соотношения форм железа. Следовательно, качество каолинов в значительной степени зависит от валового содержания железа и титана, однако наряду с этим сказываются различия в геохимических формах присутствия красящих окислов. Пофракционное определение содержания пяти химических форм железа в каолинах крупных месторождений СССР показало (табл. 88), что преобладает окисное труднорастворимое железо, заключенное в гидроокислах и силикатах (в среднем 90% от валового содержания).

В составе обогащенных каолинов можно выделить две основные формы труднорастворимого железа и титана: свободную и связанную.

Свободная форма представлена минералами железа и титана, возникшими в связи с выветриванием или под воздействием более поздних (наложенных) процессов. Сюда следует отнести гётит, гидрогётит, сидерит, пирит, лейкоксеновый анатаз и др., а также неудаленную обогащением примесь реликтовых минералов (магнетит, гематит, рутил, ильменит и др.), унаследованных от материнских пород.

Связанной форме соответствуют ионы Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ti^{3+} , занимающие свободные места в кристаллической решетке каолинита и других глинистых минералов или же входящие в состав сорбируемого ими комплекса. Анализ литературных данных позволил Ю. Б. Осипову (1968) прийти к заключению, что преобладают два типа связи железистых соединений с глинистыми минералами.

Месторождение. № образца, фракция, мм	Железо, %					
	легкораст- воримое закисное	легкораст- воримое окисное	труднораст- воримых силикатов	окисное труднораст- воримых силикатов и железистых минералов	пиритное (в пере- счете на окисное)	Fe ₂ O ₃ валовое
Кыштымское, № 1215, 0,01—0,005 0,005—0,001 <0,001	0,05	0,07	0,02	0,76	0,05	0,94
	0,06	0,07	0,01	0,89	0,06	1,09
	0,02	0,11	—	1,06	0,03	1,22
Еленинское, № 516, 0,01—0,005 0,005—0,001 <0,001	0,04	0,04	—	1,20	0,04	1,32
	0,05	0,09	—	1,50	0,05	1,69
	0,21	0,13	—	1,43	0,12	1,89
Полетаевское, № 603, 0,01—0,005 0,005—0,001 <0,001	0,11	0,02	—	2,40	0,05	2,58
	0,13	0,07	—	2,42	0,11	2,73
	0,07	0,24	0,05	2,42	0,13	2,91
Алексеевское, № 710, 0,01—0,005 0,005—0,001 <0,001	0,04	0,03	—	0,60	0,02	0,69
	0,05	0,04	—	0,67	0,04	0,80
	0,17	0,20	0,07	0,80	0,02	1,26
Невьянское, № 1232, 0,01—0,005 0,005—0,001 <0,001	0,03	0,03	—	1,14	0,07	1,27
	0,04	0,04	—	1,19	0,09	1,36
	0,06	0,09	—	1,43	0,04	1,62

Связь первого типа имеет широкое распространение в монтмориллонитах и гидрослюдах; в каолинитах она, видимо, ослаблена. Возможность присутствия ионов Fe³⁺ в структуре каолинита доказывается методами парамагнитного резонанса (Boesman, Schoemaker, 1961). Ими установлено, что в каолините ионы Fe³⁺ присутствуют в октаэдрических и тетраэдрических позициях. Достоверной количественной оценки максимального вхождения железа в решетку каолинита не имеется. Высказано мнение (Holdridg, 1956), что в структуре каолинита может присутствовать один ион железа на 33 иона алюминия, что в пересчете составляет 0,5% Fe₂O₃. С этой оценкой согласуются данные М. Менерта (Mepert, 1957), согласно которым остаточное содержание Fe₂O₃, равное 0,5, является пределом удаления железа при химическом отбеливании. По мнению Р. Грима (1967), содержание изоморфного железа повышается в менее упорядоченных каолинитах. Гидрослюды в обогащенных каолинах некоторых месторождений являются основными носителями железа. Подобная зависимость описана для месторождений Корнуолла (Англия), Карловы Вары (Чехословакия) и Просьяновского (Украина). На Теренсайском месторождении присутствие слюды определяет значительное понижение белизны обогащенного каолина после прокаливания. График (рис. 62) демонстрирует прямолинейную корреляционную зависимость между содержанием K₂O в пробах обогащенного каолина и разностью между содержанием белого цвета в одних и тех же пробах в сухом состоянии (110°С) и после прокаливания (1350°С). Поскольку содержание K₂O в обогащенном каолине пропорционально содержанию

слюды (при отсутствии или незначительной роли калиевого полевого шпата), график отчетливо подтверждает, что чем больше слюды присутствует в обогащенном каолине, тем заметнее снижается его белизна после прокаливания. Присутствие примеси монтмориллонита в еще большей степени влияет на керамические свойства каолинов. По свидетельству Г. Швердтнера (Schwerdtner, 1967 г.), в каолинах, образовавшихся при выветривании кислых эффузивов, с повышением содержания монтмориллонита пропорционально возрастает содержание железа. В работе М. Шторра (Störr, 1966) зависимость между содержанием Fe_2O_3 и смешанно-слоистых минералов представлена в графиче-

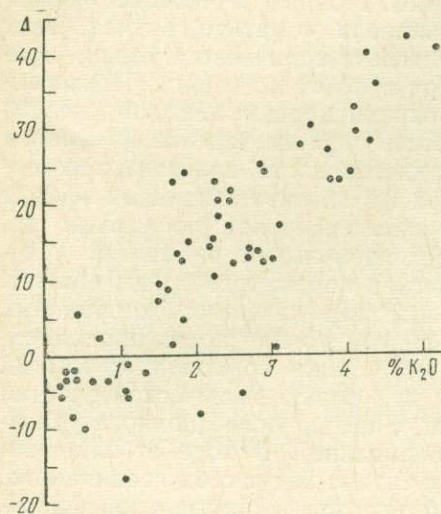


Рис. 62. Разность (Δ) между белизной высушенного и белизной прокаленного каолина в зависимости от содержания K_2O по пробам Теренсайского месторождения

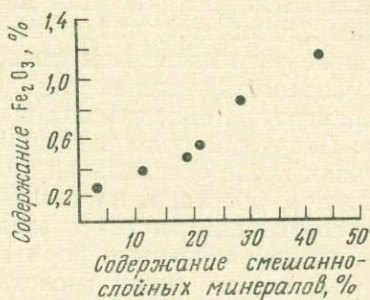


Рис. 63. Зависимость между содержанием окиси железа и смешанно-слоистых глинистых минералов в обогащенных каолинах ГДР (Störr, 1966)

ской форме (рис. 63). Некоторые отступления от линейного распределения точек на диаграмме связаны с присутствием в каолинах других железосодержащих минералов (гётит, пирит и др.).

Второй тип связи — очень устойчивые пленки ферромагнетита (гематита) на поверхности глинистых частиц — является наиболее широко распространенным для всех глинистых минералов. Как установлено В. В. Келлерман и Н. Г. Цурюпа (1962), самая устойчивая железистая пленка наблюдается на мусковите и каолините. А. Ф. Тюлин и Т. А. Маломахова (1948 г.) появление подобных пленок связывают с адсорбцией растворенного железа последующим его окислением и прочным закреплением на поверхности глинистых частиц. Поскольку железистые пленки весьма устойчивы и не поддаются даже воздействию весьма агрессивных сред, они также могут быть отнесены к связанным формам железа.

Железистые пленки на поверхности глинистых частиц наряду с минералами окиси и гидроокиси железа определяют окраску природных каолинов. Результаты фотометрического изучения и химического определения железа в различных каолинах показали, что окраска каолина вызывается только свободными окислами и гидроокислами железа. Изоморфно входящее в решетку железо не влияет на белизну сухого каолина, как и небольшие (до 1%) содержания TiO_2 (Sikora e. a., 1968). Тональность окраски зависит и от дисперсности железистого пигмента.

Двуокись титана в обогащенных каолинах присутствует преимущественно в свободной форме. Как показало растворение ряда зару-

бежных каолинов в гексафтортитановой кислоте (H_2TiF_6), кристаллические формы TiO_2 (главным образом лейкоксеновый анатаз) составляют в среднем 86% от валового содержания TiO_2 в каолинах (D. L. Dolgater, 1970 г.). В обогащенных каолинах Глуховецкого месторождения титан присутствует преимущественно в составе аксессуарных (ильменит, рутил, анатаз, сфен) и гипергенных (рутил-сагенит, анатазовый лейкоксен) минералов (Сонкин и др., 1971). Радиоспектроскопические исследования не показали присутствия Ti^{3+} в структуре каолинита. В субколлоидной фракции содержание TiO_2 заметно уменьшалось (до 0,06% против 0,9% в каолине-сырце).

При высокотемпературной обработке каолина в черепке формируются окрашенные соединения типа шпинели, гематита, рутила. Цвет железистой шпинели варьирует в желтовато-коричневых тонах, присутствие гематита определяет окраску от красной до черной. Повышенные содержания Ti (Mn) усиливают окрашивающее действие железа (H. Vetter, 1954 г.). Густота и тональность окраски черепка во многом зависят от содержаний Fe_2O_3 и TiO_2 , их дисперсности, валентных состояний, соотношения свободной и связанной форм; окрашивающий эффект может быть частично или полностью скомпенсирован добавками щелочных силикатов или присадками редкоземельных элементов (Ce), а также регулированием физико-химических параметров среды обжига.

Сортность изделий определяется высоким качеством каолиновых концентратов, обладающих высокой белизной до или после прокаливания. Получение подобных каолиновых материалов возможно во многих случаях после специальной химической или физико-химической очистки каолинов, обогащенных обычным путем, с целью более полного удаления соединений титана и железа (отбеливание). В ходе отбеливания свободные и связанные формы железа и титана ведут себя неодинаково. Первые под влиянием кислотной обработки или избирательной фильтрации довольно легко удаляются.

Титан при кислотной обработке остается практически инертным. По видимому, остается неизвлеченной большая часть связанного железа и часть свободного железа, которая представляет собой тонкую рудную сыпь, «запечатанную» в кристалликах каолинита. Эффективность очистки зависит от соотношения свободной и связанной форм железа и титана в каолинах. Если обогащенный каолинит Глуховецкого месторождения содержит скрытокристаллические выделения гидроокиси железа и лейкоксена с некоторой примесью «реликтового» ильменита и рутила, то на Просяновском месторождении основными носителями железа являются слюдяные минералы при резко подчиненной роли гидроокислов железа. Одновременно отмечается малое содержание свободных минералов TiO_2 , причем лейкоксен обнаруживает тесное срастание с каолинитом.

Таблица 89

Месторождение	Продукт	Содержание, %		Белизна, %	Сорт каолина для керамики
		Fe_2O_3	TiO_2		
Глуховецкое	Исходный	0,8—0,9	1,2—1,4	83	III—IV
	Очищенный	0,37—0,57	0,65—0,75	91	I
	Исходный	0,4—0,5	0,9—1,0	89	II
	Очищенный	0,33—0,36	0,7—0,72	92	I
Просяновское	Исходный	0,74—0,79	0,83—0,9	78	IV
	Очищенный	0,57—0,60	0,54—0,59	79	II
	Исходный	0,73—0,82	0,59—0,63	82	III
	Очищенный	0,57—0,6	0,48—0,54	82	II

Поэтому при использовании метода селективной фильтрации наблюдается более эффективная очистка глуховецких каолинов от железа и титана по сравнению с каолином Просьяновского месторождения (табл. 89).

На основании имеющихся данных каолины можно подразделить по извлекаемости железа и титана на две группы: 1) легкообогатимые, в которых железо и титан находятся преимущественно в форме индивидуализированных минералов; 2) труднообогатимые, в которых значительная часть железа присутствует в связанной форме, существенная доля свободных минералов Fe_2O_3 и TiO_2 «запечатана» в чешуйках глинистых минералов.

Кроме железа и титана, на сортность обогащенных каолинов оказывают влияние CaO , MgO , SO_3 , щелочи и др. Наиболее отчетливо эту зависимость можно проследить на огнеупорности. Эмпирическое определение огнеупорности каолинов и огнеупорных глин может быть заменено теоретическим по формуле Шуэна

$$^{\circ}\text{C} = \frac{360 + \text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{SO}_3)}{0,228}.$$

Эта формула представляет многомерное корреляционное уравнение, связывающее два параметра: химический состав и огнеупорность. Изучение состава и свойств каолинов позволит уточнить известные и выявить новые закономерные связи между химизмом, фазовым составом, физико-химическими и физико-механическими свойствами каолинов, с тем чтобы быстро и надежно производить предварительную оценку их качества и тем самым определить направление их возможного промышленного использования.

МИНЕРАЛОГИЯ КАОЛИНОВ

Минеральный состав каолинов играет решающую роль в вариации физико-химических и технологических свойств, а также в сортности и выборе того или иного способа обогащения сырья. Состав, особенности и количественное соотношение породообразующих минералов в каолинах во многом зависят от их генетической истории. Каолины в подавляющем большинстве случаев непосредственно связаны с остаточными древними корами выветривания (элювиальные каолины) или с продуктами переотложения их материала, осадкообразовательными процессами (переотложенные каолины). Особняком стоят месторождения каолина гидротермального происхождения, пользующиеся незначительным распространением и обладающие сравнительно небольшими запасами. Элювиальные каолины, являясь конечным продуктом выветривания существенно полевошпатовых кристаллических пород, представляют верхнюю зону каолинового профиля выветривания. Они характеризуются относительно сложным минеральным составом. Переотложенные каолины являются производными от первичных, они обогатились естественным путем в процессе переотложения и имеют несколько упрощенный минеральный состав или иное количественное соотношение породообразующих минералов. Преобладающую роль здесь играют гипергенные минералы (группа каолинита). Минеральный состав гидротермальных каолинов определяется характером воздействующих метасоматических растворов и составом исходного материала.

Каолин как горная порода представляет собой закономерную, генетически обусловленную ассоциацию минералов, среди которых выделяются следующие четыре группы: 1) остаточные породообразующие; 2) остаточные акцессорные; 3) гипергенные; 4) эпигенетические.

ОСТАТОЧНЫЕ ПОРОДОБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Кварц является одним из основных минеральных компонентов кристаллических пород гранитоидного ряда, он наследуется каолиновым элювием, сохраняя при этом породообразующую роль. Содержание кварца в элювиальных каолинах довольно высокое. В зависимости от характера материнской породы оно меняется от 15 до 40% (Глуховецкое месторождение), иногда может снижаться до нескольких процентов в каолинах по плагиоклазитам (или сиенитам) или подниматься до 50% в каолинах по отдельным разновидностям гранитов.

Формы зерен кварца и их гранулометрический спектр в каолинах весьма разнообразны. В исходных породах он присутствует в остроугольных зернах неправильной формы размером от 0,1—1,0 (гнейсы) до 5 мм (пегматоидные граниты). Несмотря на сравнительно высокую устойчивость кварца к процессам выветривания, он в ряде случаев претерпевает заметные изменения под влиянием физических и химических агентов выветривания. Отдельные зерна растрескиваются и распадаются на мелкие остроугольные обломки, чему способствуют различные минеральные включения. Это приводит к некоторому несущественному умень-

шению размерности зерен кварца, подавляющее количество которых имеет размер 0,5 мм и более.

Остроугольные обломки кварца присутствуют в нижних зонах коры выветривания; в каолиновой толще, особенно в верхних частях, они изменяют контуры на более сглаженные, овальные, что свидетельствует о частичном растворении кварца. Не исключена возможность замещения в небольших количествах кварца гипергенными минералами.

Калиевый полевой шпат (микроклин, реже ортоклаз) является также одним из распространенных породообразующих минералов большинства магматических и метаморфических пород кислого ряда; он входит в состав многих каолинов, особенно щелочных.

Относительное обогащение микроклином, содержание которого может достигать в щелочных каолинах 12—15%, происходит благодаря его повышенной устойчивости к выветриванию по сравнению с другими полевыми шпатами, особенно плагиоклазами, податливость которых гидролизу и разложению увеличивается по мере возрастания их основности и количества атомов алюминия. Существует несколько подходов к объяснению устойчивости силикатов вообще и полевых шпатов в частности в зависимости от особенностей кристаллической структуры. Микроклин и ортоклаз имеют одинаковый состав и одинаковое количество атомов алюминия в тетраэдрах, а также идентичный тип связи между тетраэдрами в каркасной структуре; они различаются лишь плотностью упаковки атомов кислорода в структуре. В более устойчивом триклинном микроклине она несколько выше, чем в моноклинном ортоклазе, что служит объяснением различной скорости их гидролиза и разложения. Последнее свидетельствует о том, что наряду с прочими факторами, определяющими устойчивость полевых шпатов, явлению упорядоченности структуры принадлежит немаловажная роль.

В коренных породах микроклин представлен изометричными и неправильной формы зернами, а также порфиридовидными выделениями, реже мелкими антипертитовыми вросками. Размерность его зерен может варьировать в широких пределах от нескольких сотых долей до 20 мм и более. В низах верхней каолиновой зоны профиля выветривания частично каолинизированный микроклин теряет свою прочность и значительно измельчается благодаря широко развитой системе микротрещин и легкости раскалывания его в направлении совершенной спайности по [001] и [010]. Он легко растирается в грубоватый порошок. Концентрируется в песчаной фракции главным образом в интервале от 0,2 до 0,056 мм.

Микроскопическое, рентгенографическое и микрофракционное изучения микроклина из коры выветривания гранитов чудново-бердичевского и кировоградского типов (район Глуховецкого месторождения), а также микроклин-пертита из коры выветривания пегматитов демонстрируют непосредственное образование каолинита по минералу без участия промежуточных или стадийных продуктов выветривания. Каолинит возникает как путем создания псевдоморфоз по полевому шпату в результате мобилизации необходимых химических компонентов на месте по мере их отчуждения от исходной структуры, так и в результате кристаллизации из растворов по трещинам спайности. В редких случаях при выветривании калиевого полевого шпата наблюдается образование галлуазита¹.

¹ В. И. Финько, Н. Д. Самогонн и С. С. Чекин (1972) считают, что микроклин в корях выветривания непосредственно замещается каолинитом, в то время как олигоклаз в аналогичных условиях преобразуется в галлуазит.

ОСТАТОЧНЫЕ АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ

Большая часть акцессорных минералов, встречающихся в каолинах, является реликтовой, унаследованной от исходных кристаллических пород из-за их устойчивости выветриванию. Содержание их по сравнению с породообразующими минералами составляет от сотых долей до 1%. Поэтому их присутствие, кроме титана и железа, не влияет на качество каолинового сырья. Акцессорными минералами являются ильменит, рутил, анатаз, сфен, циркон, апатит. Иногда встречаются одиночные зерна пирита, силлиманита, дистена, ставролита, монацита.

ГИПЕРГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ КАОЛИНИТА

Каолинит, являясь основным породообразующим минералом каолинов, определяет ряд важнейших физико-химических и технических свойств их глинистой составляющей, таких как дисперсность, пластичность, белый цвет в сыром и обожженном состоянии, огнеупорность, электроизоляционность, химическая инертность, высокое содержание глинозема и др., делающих каолины одним из наиболее универсальных видов минерального сырья. Каолинит является одним из наиболее распространенных глинистых минералов зоны гипергенеза. Состав, структура и морфология каолинита оказывают влияние на его свойства и свойства слагаемых им пород и масс. Значительно меньшим распространением в каолинах пользуется галлуазит, обычно присутствующий в виде примеси. Иногда он присутствует в качестве основного породообразующего минерала. Диккит и накрит не обнаружены в каолинах, связанных с выветриванием кристаллических пород. В каолинах отдельных месторождений гидротермального генезиса диккит может быть основным породообразующим минералом, как это установлено при исследовании береговского каолина.

Минералы группы каолинита характеризуются составом, выражающимся химической формулой $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ с идеальным соотношением этих окислов 1:2:2 или структурной формулой $Al_4(Si_4O_{10})OH_4$.

Судя по многочисленным данным химических анализов чистых или почти чистых мономинеральных образцов, изоморфные замещения ионов в каолиновых минералах весьма незначительные. Явления широкого изоморфизма для них не характерно. Результаты химических анализов отличаются от теоретического содержания химических компонентов (табл. 91). Эти отличия выражаются не только в незначительном отклонении содержаний кремнезема, глинозема и конституционной воды от идеальных, но и в присутствии ряда элементов, в первую очередь Fe, Mg, Ti, которые чужды для каолиновых минералов идеального состава. Р. Робертсон, Г. Бриндли и Р. Макензи (Robertson, Brindley, Mackenzie, 1954 г.) в двух образцах каолинита из Танганьики предположили наличие изоморфных замещений в октаэдрических и тетраэдрических слоях. Д. Холдридж (Holdridge, 1959) на основании обработки данных многочисленных анализов английских комовых глин, содержащих кроме каолинита 25—40% минеральных примесей (кварц, слюды), пришел к выводу, что изоморфные замещения Al^{3+} в октаэдрических слоях магнием и железом, а иногда Si^{4+} магнием в тетраэдрических слоях являются характерными для этих образований. С указанным явлением автор связывает заметную неупорядоченность кристаллической структуры каолинита и повышенную емкость обменных оснований. К аналогичному выводу пришли В. Уоррелл и А. Купер (Worrall and Cooper, 1966), изучая высокопластичный белый неупорядоченный каолинит из Ямайки, обладающий повышенной величиной емкости обменных оснований (24,4 мг·экв/100 г). Анализировалась очищенная цент-

Компоненты	Теоретический состав, %	Каолинит				
		просяновский	глуховецкий	пугу-Д	пугу-К	ямайский
SiO ₂	46,5	45,08	45,52	44,59	48,14	44,87
TiO ₂	—	0,08	Следы	1,38	9,76	1,04
Al ₂ O ₃	38,6	38,84	38,91	38,12	35,74	36,32
Fe ₂ O ₃	—	0,21	0,20	1,43	1,45	0,35
FeO	—	—	Следы	—	—	Не опр.
MgO	—	0,68	0,65	0,06	0,11	0,14
CaO	—	0,28	0,14	0,10	0,19	—
Na ₂ O	—	0,16	0,42	0,12	0,04	0,18
K ₂ O	—	0,05	0,08	0,08	0,14	0,23
P ₂ O ₅	—	0,12	0,06	Следы	—	Не опр.
SO ₃	—	0,12	0,06	0,09	0,05	" 13,60 "
H ₂ O ⁺	13,9	14,20	13,88	13,91	13,14	13,60
H ₂ O ⁻	—	0,40	0,28	0,71	0,48	1,42
С у м а	100	100,22	100,33	100,59	100,14	98,15

рифугированием фракция <0,3 мк (мономинеральная), по данным рентгенографического и термического анализов, переведенная в NH₄-форму. Ионный состав ее характеризуется дефицитом алюминия при одновременном присутствии Mg и Fe. Очень низкое содержание щелочей указывает на почти полное отсутствие слюдистого компонента.

В табл. 91 приведен ионный состав каолинитов, рассчитанный по кислородному методу на основании результатов химических анализов табл. 90. При абсолютной мономинеральности фракции такие расчеты свидетельствуют о возможности изоморфных замещений в каолинитах. Это условие не может быть гарантировано и многое зависит от полноты учета минеральных примесей. Так, если химические анализы каолинитов из Пугу были скорректированы на содержание кварца, анатаза и незначительных количеств ортоклаза, гётита и гипса, то анализ ямайского каолинита был рассчитан без поправок.

Таблица 91

Слой кристаллической решетки каолинита	Компоненты	Теоретический состав, %	Каолиниты				
			просяновский	глуховецкий	пугу-Д	пугу-К	ямайский
Октаэдрические	Al	2,00	1,96	1,99	1,958	1,957	1,906
	Fe ³⁺	—	0,01	0,01	0,039	0,037	0,013
	Mg	—	0,03	—	0,003	0,005	0,010
	Ti	—	—	—	—	—	0,036
Тетраэдрические	Si	2,00	1,97	1,99	1,982	1,991	2,002
	Al	—	0,03	0,01	0,018	0,009	—
	O	5,00	5,00	5,00	5,000	5,000	5,000
	OH	4,00	4,00	4,00	4,122	4,042	4,000

Изоморфные замещения устанавливаются лишь в структурно неупорядоченных каолинитах. Пересчет химического состава тонкой фракции структурно совершенного каолинита Глуховецкого и Просяновского месторождений показывает, что его структурная формула весьма близка к теоретической (см. табл. 91). На возможность незначительных изоморфных замещений Al на Fe в октаэдрических слоях каолинита указывают радиоспектроскопические исследования (Boesman, Schoemaker,

1961; Malden et Meads, 1967). Здесь также чистота исследуемого материала должна играть решающую роль при доказательстве однозначности выводов.

Минералы группы каолинита (каолинит, диккит, накрит и галлуазит) являются слоистыми силикатами, структура которых состоит из различным образом наложенных друг на друга слоев атомов. Каждый такой структурный или каолиновый слой имеет одинаковый состав и строение всех членов группы, различающихся лишь взаимной ориентировкой последующих слоев.

Впервые структура каолинита в общих чертах была описана Л. Полингом (Pauling, 1930), экспериментально установлена Д. Грюнером

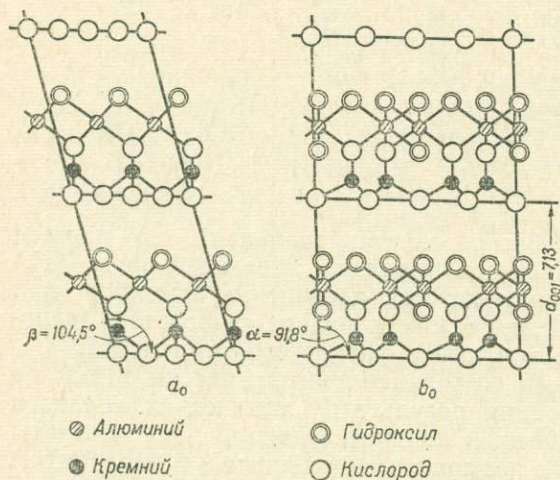
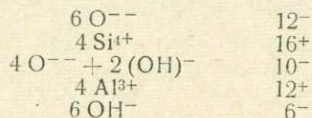


Рис. 64. Схематическое изображение структуры каолинита, по Г. В. Бриндли (1965)

(Grüner, 1932), затем она уточнялась другими исследователями (Бриндли, 1965; Звягин, 1964).

В соответствии с идеализированной схемой атомы, составляющие структуру, располагаются параллельными слоями или сетками, в пределах которых вокруг мелких катионов Si^{4+} и Al^{3+} координируются крупные анионы кислорода и гидроксидов (рис. 64). Каждый ион Si окружен группой кислородных ионов, образующих конфигурацию тетраэдра: каждый ион Al находится в октаэдрическом окружении четырех кислородных и двух гидроксильных ионов. Основной структурный элемент состоит из одной кремнекислородной тетраэдрической и одной алюмокислородно-гидроксильной октаэдрической сетки, сочлененных в единый слой таким образом, что вершины тетраэдров примыкают к вершинам октаэдров. Размеры тетраэдрических и октаэдрических единиц по величине параметров a и b очень близки, что способствует образованию прочных структурных слоев. Толщина такого слоя составляет около 7,15 Å. Ионный состав и энергетика слоя следующие:



Структурный слой электрически нейтрален, поскольку 28 положительных зарядов алюминия и кремния уравниваются 28 отрицательными зарядами кислорода и гидроксила. Структурная формула, имеющая вид $(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}$ или $(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5$, соответствует всем членам группы, за исключением гидратированного галлуазита, имеющего добавочные молекулы воды. В структурном отношении различия между членами группы каолинита определяются характером наложения

слоев друг на друга. Они расположены взаимно так, что гидрокислы нижних оснований октаэдров верхнего слоя примыкают к атомам кислорода оснований тетраэдров нижнего слоя с образованием водородных связей. Г. В. Бриндли (1965) указал шесть вариантов взаимного расположения слоев при смещении их друг относительно друга; Р. Ньюгем (Newpham, 1961) нашел 36 способов взаимного расположения слоев с относительными смещениями и поворотами. В наиболее полном объеме разнообразие минералов из двухэтажных слоев рассмотрел Б. Б. Звягин (1964), показав 52 варианта взаимного расположения слоев.

Установлено, что упорядоченный каолинит обладает триклинной симметрией структуры с параметрами $a=5,15 \text{ \AA}$; $b=8,95 \text{ \AA}$; $c=7,39 \text{ \AA}$; $\alpha=91,8^\circ$; $\beta=104,5^\circ$; $\gamma=90^\circ$; пространственная группа $C_s^1=C_c$.

Диккит является моноклинным минералом. Элементарная ячейка распространяется на два структурных слоя и характеризуется величинами: $a=5,15 \text{ \AA}$; $b=8,96 \text{ \AA}$; $c=14,45 \text{ \AA}$; $\beta=96^\circ$; $\alpha=50^\circ$; $\gamma=90^\circ$. Пространственная группа $C_s^1=C_c$.

Накрит наиболее редкий член группы, обладает элементарной ячейкой, распространяющейся на шесть элементарных слоев с параметрами $a=5,15 \text{ \AA}$; $b=8,96 \text{ \AA}$; $c=43 \text{ \AA}$; $\beta=90^\circ$ и приближенно ромбоэдрической симметрией (Бриндли, 1965). Получены данные, указывающие на моноклинную симметрию накрита, характеризующуюся периодом повторяемости в два слоя (Звягин, Щеглов, 1962; Newpham, 1961).

Галлуазит обладает своеобразной структурой, состоящей из структурных слоев, аналогичных каолинитовым, но в различной степени ассоциирующих с молекулами воды, присутствующими в межслоевых промежутках. В зависимости от этого различают полностью гидратированные галлуазиты или гидрогаллуазиты состава $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$, дегидратированные (или метагаллуазиты) без добавочных $2H_2O$ и галлуазиты с промежуточной степенью гидратации (Чухров и др., 1966). В структуре галлуазита слои беспорядочно смещены относительно друг друга по направлениям a и b , поскольку на рентгенограммах дают картину, типичную для двумерных решеток (Бриндли, 1965). Электронно-графические исследования показали, что ряд галлуазитов обладает более совершенной структурой, чем предполагалось ранее. В дегидратированном состоянии структура галлуазита аппроксимируется моноклинной моделью с периодом повторяемости в два слоя, типичной только для данного члена группы каолинита (Звягин, Берхин, Горшков, 1966).

Явление неупорядоченности структуры слоистых силикатов, в частности каолинита, развито довольно широко.

Г. Бриндли и К. Робинсон (Brindley and Robinson, 1946) проанализировали природу структурной неупорядоченности каолинитов. Многие работы посвящены поискам корреляционных связей между степенью упорядоченности кристаллической структуры и различными физико-химическими, структурно-механическими и технологическими свойствами каолинитов (Murray and Lyons, 1960), а также между структурными и морфологическими особенностями (Русько, Иванов, 1970).

Анализ наших и литературных данных свидетельствует о преимущественной приуроченности несовершенного каолинита к вторичным каолинам, огнеупорным глинам типа «файрклея» и другим каолинсодержащим породам осадочного происхождения (Бергер, 1969; Викулова, Звягин, 1965; Русько, 1963).

Каолинит из коры выветривания и гидротермальных месторождений обычно обладает сравнительно высокой степенью упорядоченности кристаллической структуры. Впечатление, что продукты выветривания кристаллических пород сложены каолинитом, отличающимся высокой упорядоченностью структуры, верно частично и применительно к каолинам, образовавшимся при выветривании кислых пород. Вывод о беспорядочном смещении слоев каолинитовой структуры параллельно оси

b на величину $nb/3$ основан на интерпретации особенностей дифракции неупорядоченных каолинитов. Нарушение упорядоченности вызывает ослабление и исчезновение общих рефлексов кроме тех, что имеют индекс $k-3n$. Г. Маррей (Murray, 1954) полагает, что нарушение упорядоченности структуры вызывается, помимо сдвигов $nb/3$, разворотом отдельных слоев на 120° относительно последующих без нарушения взаимоотношения гидроксильных групп атомов кислорода, но с некоторым изменением положения атомов Al. Б. Б. Звягин (1964) считает, что попутно с нарушениями упорядоченности структуры, вызванными сдвигами слоев, имеет место изменение их взаимной азимутальной ориентировки, а также нарушение внутри отдельных слоев. В последнем случае

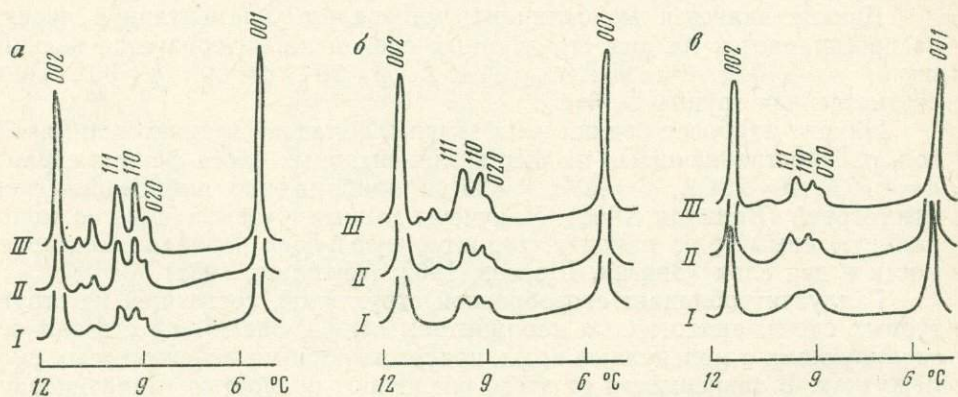


Рис. 65. Характерные участки дифрактограмм каолинитов с различной степенью упорядоченности структуры из различных зон профиля выветривания гнейса (а), чудновобердичевского гранита (б) и порфиroidного гранита (в)

I — зона начального разложения и дезинтеграции; II — зона частичной каолинизации; III — зона полной каолинизации

структура аппроксимируется моноклинной псевдоячейкой. В зависимости от количественного соотношения упорядоченных и неупорядоченных доменов реальному кристаллу свойственна та или иная степень упорядоченности кристаллической структуры, или «степени кристалличности».

Причины, обуславливающие в природных условиях образование кристаллов каолинита с неупорядоченной структурой, изучены слабо. Необходимо изучить распределение или приуроченность каолинитов по степени их кристалличности к глинистым образованиям различного генезиса и в первую очередь к тем из них, условия формирования которых могут быть расшифрованы с определенной мерой достоверности.

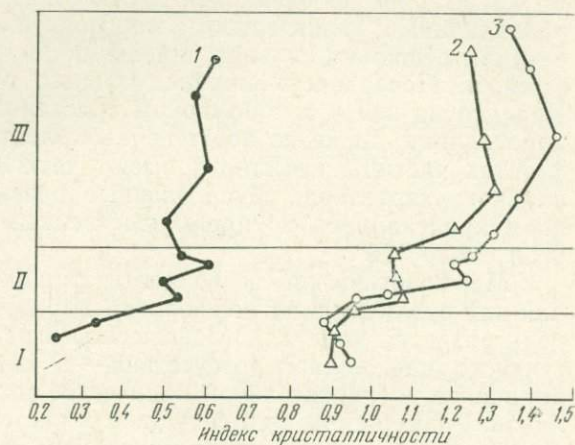
Одним из благоприятных объектов для подобных исследований является хорошо сохранившаяся мощная кора выветривания кристаллических пород района Глуховецкого месторождения каолинов (Иванов, Русько, Теодорович, 1971). С этой целью были опробованы основные литологические разновидности пород, составляющие профили выветривания гранитов Кировоградского типа, чудновобердичевских гранитов и биотит-плаггиоклазовых гнейсов. Опробование дублировалось по нескольким полным разрезам (скважинам), а каждая из зон профиля представлялась несколькими образцами.

Данные рентгенографической оценки степени упорядоченности структуры каолинитов Глуховецкого месторождения по методу Д. Хинкли (Hinckley, 1963) приведены на рис. 65, 66. Величина индекса кристалличности колеблется в довольно широких пределах: от 0,24 у каолинита из зоны начального разложения и дезинтеграции Кировоградского гранита до 1,44 у каолинита из зоны полной каолинизации биотит-плаггиоклазового гнейса. Указанную величину индекса следует считать харак-

терной для каолинита с высокоупорядоченной структурой. В установленном интервале значений все величины четко разбиваются на три группы, соответствующие каолинитам, образовавшимся по трем более распространенным разновидностям исходных пород. Исключение составляют перекрывающиеся значения для каолинитов из первой и второй нижних зон профилей выветривания гнейсов и чудново-бердичевских гранитов. Если судить по каолиниту из зоны полной каолинизации и из верхней части зоны частичной каолинизации, составляющему подавляющую часть глинистой массы профиля выветривания, то очевидно, что наивысшей степенью упорядоченности кристаллической решетки обладает каолинит из профиля выветривания биотит-плаггиоклазового гнейса, наименьшей — каолинит, образовавшийся по кировоградскому граниту;

Рис. 66. Изменение индекса кристалличности каолинита в профиле выветривания

1 — порфировидного гранита; 2 — чудново-бердичевского гранита; 3 — биотито-плаггиоклазового гнейса
I — зона начального разложения и дезинтеграции; II — зона частичной каолинизации; III — зона полной каолинизации



промежуточные значения, но более близкие к наивысшим, имеет каолинит по чудново-бердичевскому граниту. Общей тенденцией является увеличение индекса кристалличности каолинита в пределах любого профиля выветривания материнской породы по мере перехода от нижележащих зон к зоне полной каолинизации, где он достигает наивысшего значения.

Условия выветривания конкретной кристаллической материнской породы, ее отдельных участков, индивидуальных зерен породообразующих минералов несомненно определяются целым комплексом факторов физико-химических, кристаллохимических и гидродинамических факторов. Поэтому однозначное выявление причин, обусловивших кристаллизацию каолинита с той или иной степенью упорядоченности структуры, является довольно сложной задачей. Однако проведенные исследования с учетом особенностей материнских пород, химического и минерального состава пород различных зон профилей выветривания дают основание полагать, что степень структурной упорядоченности определяется рядом взаимосвязанных факторов, таких как минеральный состав и структурные особенности исходной породы, структура и химический состав минералов, по которым образовался каолинит, гидродинамический режим, состав и концентрация ионов в поровых растворах, pH и E среды и др.

Сравнительное рентгенографическое изучение элювиальных каолинов Просяновского, Глуховецкого, Турбовского, Дубровского, Майдан-Вильского, Белая Балка, Лозовиковского, Райковского месторождений, а также переотложенных каолинов Положского, Владимировского, Паланковского, Полошковского и других месторождений показало, что каолинит обладает заметными вариациями в степени совершенства кристаллической структуры (Русько, 1965). Наиболее совершенной структурой обладает каолинит Глуховецкого и Просяновского месторожде-

ний. Неупорядоченной структурой обладает каолинит Майдан-Вильского месторождения, который развит по гнейсам и мигматитам. Каолинит с несовершенной структурой пользуется значительно большим распространением среди каолинов переотложенных месторождений. Из перечисленных месторождений переотложенного каолина сравнительно неупорядоченную структуру имеет каолинит Владимировского месторождения и полностью неупорядоченную — Полошковского месторождения каолиновых глин. Установленные отличия между каолинитом элювиальных и переотложенных каолинов наряду с другими данными свидетельствуют о том, что нарушение структуры этого минерала происходит в процессе его переотложения.

Электронно-микроскопические исследования каолинитов показывают, что они обычно представлены мелкими кристалликами размером от 0,2 до 4 нм по базальной плоскости и от 0,05 до 0,5 нм толщиной, обладающими характерными морфологическими особенностями. К последним относится сильная уплощенность частиц и псевдогексагональная огранка. Поверхность индивидуальных кристалликов обычно ровная. Нередко на ней в закономерном сростании расположены более мелкие кристаллики. Даже на неоттененных электронно-микроскопических препаратах частицы каолинита имеют четкие линии ограничения полигонального характера, обусловленные развитием граней или изламыванием кристалликов по преимущественным направлениям, образующим угол около 120°.

Морфологические особенности каолинитов различных месторождений или различия в их морфологии выражаются главным образом в степени развития кристаллографической огранки частиц, а в случае ее частичного или полного отсутствия — в характере контуров или краев индивидов, в относительном количестве закономерных сростков кристалликов. Размерность индивидуальных частиц, соотношение основных параметров, характеризующее их габитус, а для образцов — распределение частиц по этим показателям также являются критериями кристалло-морфологического развития.

Галлуазит обычно представлен резко удлинненными индивидами, имеющими форму и строение цилиндра¹, или же уплощенными, брусковидными, вытянутыми частицами и ограниченными индивидами, имеющими вид вытянутых вдоль шестерной оси гексагональных призм. Такие индивидуальные частицы галлуазита, согласно микродифракционным исследованиям, являются не монокристаллами, а своеобразными призматическими поликристаллами, состоящими из радиальных зон, идущих от общей оси (Звягин, Берхин, Горшков, 1966). Слои каждой зоны параллельны внешней грани призмы, а ось призмы обычно параллельна оси структуры.

Диккит представлен кристаллами, сходными по форме с индивидами хорошо окристаллизованного каолинита, но отличающимися более совершенной кристаллографической огранкой и большими размерами. Коэффициент формы определялся по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{a(a+c)}{b-c},$$

a — измеренная ширина, b — длина, c — толщина частиц. Если коэффициент, выведенный на основе расчета геометрического критерия призмы с помощью приведенного радиуса, не определяет форму соответствующей частицы, то он четко указывает степень отклонения ее от изометрической (кубической) формы. Эти морфологические особенности

¹ Трубочатые кристаллы образуются на определенной стадии развития пластинчатого галлуазита в результате роста слоев с закручиваниями (Чекин, Самотонн, Финько, 1972).

возникли, по всей вероятности, благодаря вариации условий образования каолинита, а в случае переотложенных каолинов обусловлены и различиями в их геологической истории.

Тонкодисперсная часть (фракция < 1 мк) каолина по мигматиту Просяновского месторождения состоит из каолинита, обладающего типичными для него морфологическими особенностями: псевдогексагональной огранкой кристаллов, четкими линиями ограничения и наличием закономерных сростков кристаллов (рис. 67, а). Выделяются две разновидности частиц: сравнительно небольшие ($a = 200\text{--}400$ нм) и тонкие (c до 20 нм) с небольшой разницей параметров a и b и относительно крупные ($a > 500$ нм) толщиной до 160—200 нм, представляющие собой сростки или фрагменты крупных кристаллов каолинита. Большая часть кристаллитов первой разновидности имеет хорошо выраженную частичную, реже полную, псевдогексагональную огранку, меньшая часть — характерную для каолинита ломаную линию ограничения. Частицы этого каолинита характеризуются сравнительно невысоким коэффициентом формы: более половины из них имеет $K_{\phi} < 20$.

Природный глуховецкий каолин представлен несколькими литологическими разновидностями, образовавшимися по различным исходным породам (чудново-бердичевскому граниту, порфиоровидному граниту, биотит-плагиоклазовому гнейсу и пегматоидному граниту). Макроскопически эти разновидности отличаются по характеру остаточной структуры и цвету. Каолинит из этих разновидностей, за исключением каолина из профиля выветривания порфиоровидного гранита, представлен кристалликами с четко выраженными элементами кристаллографической огранки или плоскими таблитчатыми частицами с усложненными контурами. В случае индивидуальных кристаллитов нередко фиксируется значительное число граней, помимо базопинакоидных, образующих от 1 до 3 парареберников в плоскости снимка (см рис. 67, б). Частицы каолинита имеют сравнительно большую толщину от 48 до 110 нм при большом параметре a (до 1 мк), что обуславливает их таблитчатый габитус. Намечается тенденция к улучшению окристаллизованности и утолщению кристаллитов в следующей последовательности: каолинит по чудново-бердичевскому граниту, каолинит по биотит-плагиоклазовому гнейсу, каолинит по пегматоидному граниту. Эта последовательность совпадает со степенью упорядоченности структуры. Значения коэффициентов формы соответственно лежат в пределах: 13,5—20; 12—14,9; 16,6—20,4. Каолинит из профиля выветривания порфиоровидного гранита четко отличается по морфологическим особенностям от описанных выше (см. рис. 67, в). Значительное количество индивидуальных частиц этого каолинита обладает листовато-чешуйчатым габитусом благодаря их относительно малой толщине (13—21 нм). Значение коэффициента формы 28,1—44,4. В подчиненном количестве присутствуют таблитчатые с полигональным очертанием частицы, морфологически неотличимые от вышеописанных. Частицы этого каолинита реже обладают четко выраженными элементами кристаллографической огранки. Края их беспорядочно изломаны или выщерблены, но полигональные очертания с углами, близкими 120° , просматриваются. Нередко они образуют чешуйчатые агрегаты или сростки, где отдельные листоватые элементы различаются по размеру и форме. Некоторые вариации морфологических особенностей каолинита наблюдаются даже в пределах одного и того же месторождения элювиального каолина. Они четко вырисовываются при сопоставлении элювиальных и переотложенных каолинов. Каолинит, составляющий часть последних, обычно окристаллизован значительно беднее, чем в элювиальных каолинах. Тонкодисперсная часть переотложенного каолина Положского месторождения состоит из каолинита с примесью до 5—10% галлуазита. Каолинит представлен мелкими и тонкими частицами, обычно изломанными и обладающими несколько округ-

лыми краями. Нередко наблюдаются отчетливо выраженные элементы кристаллографической огранки (см. рис. 67, *з*). Более половины частиц характеризуется параметром $a < 50$ нм, $c < 20$ нм и $K_{\phi} > 25$. Наряду с мелкими кристаллитами присутствуют сравнительно крупные и толстые, представляющие собой сростки и прочные агрегаты, завывающие сред-

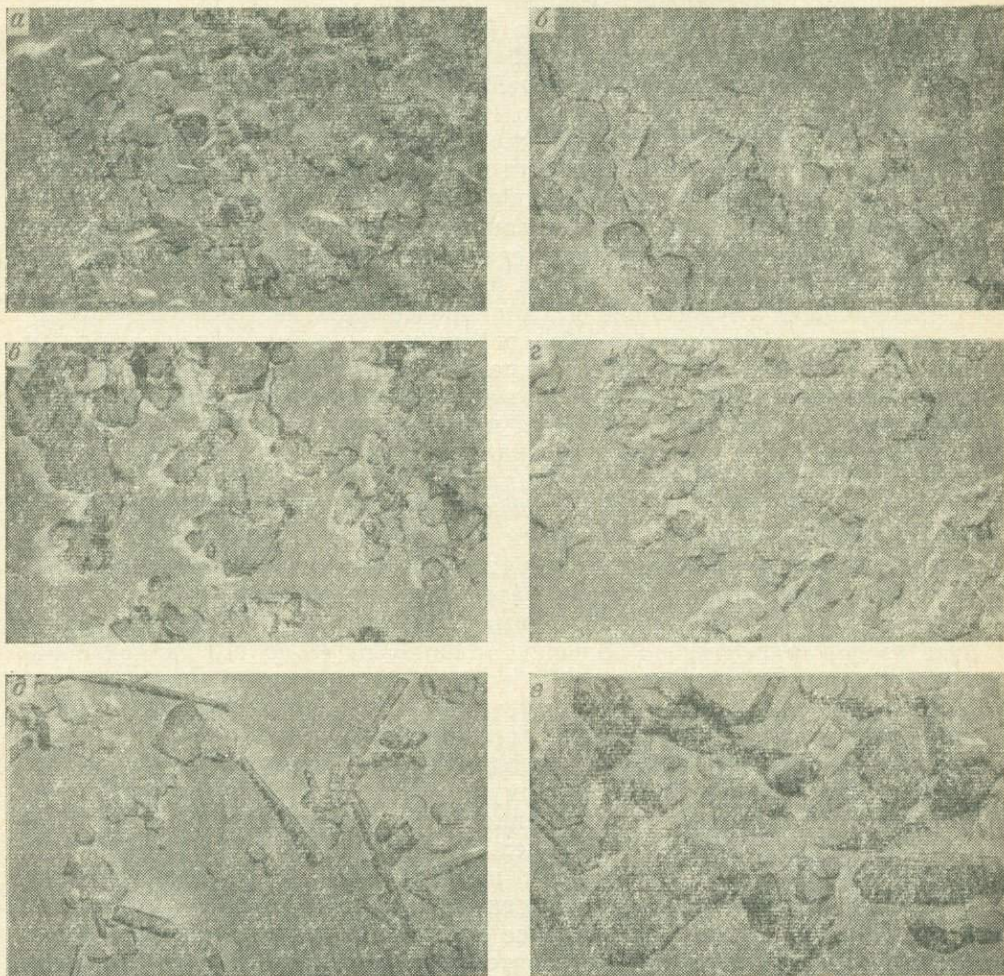


Рис. 67. Электронные микрофотографии

a — просяновский каолинит, $\times 14100$; *б* — глуховецкий каолинит по пегматиту, $\times 14100$; *в* — глуховецкий каолинит по порфиroidному граниту, $\times 15400$; *з* — положский каолинит, $\times 12200$; *д* — турбовский каолинит с галлуазитом, $\times 12200$; *е* — береговский диккит, $\times 15500$

ние значения основных параметров и уменьшающие среднее значение коэффициента формы. Галлуазит представлен вытянутыми планковидными или брусковидными образованиями. На них наблюдаются элементы огранки с ребрами, параллельными продольной оси. Размер от 500 до 4000 нм по длине, от 140 до 250 нм по ширине и от 30 до 150 нм по толщине. Эти частицы имеют внутреннюю полость или канал вдоль их удлинения. Столь же характерную морфологию имеют частицы галлуазита, присутствующие в каолинах Турбовского месторождения (рис. 67, *д*). Тонкодисперсная часть переотложенного каолина Владимирского месторождения представлена в основном каолинитом. В единичных случаях наблюдаются отдельные индивиды галлуазита. Каолинит представ-

лен частицами, обладающими близкими морфологическими особенностями с пологим каолинитом, но в общем характеризующимся более низким значением коэффициента формы.

Полошковский (глуховский) каолин отличается от упомянутых выше морфологическими особенностями и минеральным составом тонкодисперсной части (Русько, 1963). Помимо каолинита, обладающего несовершенной структурой, здесь установлена небольшая примесь талька (до 5%) и ничтожная — хлорита. В отличие от остальных каолинов в полошковском не наблюдаются псевдогексагональные кристаллы. Индивидуальные частицы этого каолинита обладают неправильной и непостоянной формой и характерными только для него морфологическими особенностями. Обычно они имеют форму более или менее удлиненных пластинок с изломанными угловатыми краями. Отдельные чешуйки состоят из нескольких видимых слоев или планок. Частицы обладают сравнительно небольшими параметрами и особенно толщиной: 71,6% частиц имеют значения от 100 до 400 нм и тоньше, чем 95,5% частиц 20 нм, из которых 58,7% имеют толщину всего 10 нм. Это обстоятельство обуславливает высокое значение коэффициента формы частиц: около 60% из них имеют $K_{\phi} > 35$.

Особое положение по минеральному составу и морфологии частиц занимает глинистое образование метасоматического происхождения, известное как береговский каолин (Закарпатская область УССР). Береговский каолин состоит в основном из диккита с примесью каолинита. Широким распространением пользуются разновидности, в которых диккит является единственным глинистым породообразующим минералом. Береговское месторождение представляет собой случай широкого развития диккита в качестве преобладающего глинистого породообразующего минерала. На электронных микрофотографиях диккит представлен превосходно ограненными псевдогексагональными кристалликами, реже их закономерными сростками, имеющими изометрический или слабоудлиненный габитус в проекции на плоскость снимка (см. рис. 67, e). Преимущественное развитие граней пинакоида (или параберника с точки зрения реберных форм) ведет к некоторому удлинению кристаллита. Угольные реплики индивидуальных частиц позволили достаточно четко выявить развитие у кристаллитов диккита шести граней, помимо наиболее развитых пинакоидных, с которыми совпадает плоскость спайности. Эти боковые грани обычно несут тонкую, густо расположенную штриховку, параллельную структурным слоям минерала. Иногда они имеют ступенчатую скульптуру, обусловленную поверхностной дифференциацией сравнительно крупных пачек слоев. Примечательной особенностью диккита Береговского месторождения является его дисперсность. Подавляющее число кристаллитов имеет размер 1—2 мк по большому параметру. Кристаллиты обладают относительно большой толщиной, в 6—8 раз превышающей толщину кристаллитов каолинита известных месторождений, имеющих подобный размер базопинакоидных граней. Средние значения параметров из промера при стандартных условиях 600 кристаллитов диккита, составляющих фракцию $< 0,001$ мм, равны: 933,5 нм — длина; 660,8 нм — ширина и 145,0 нм — толщина. Подавляющее число кристаллитов характеризуется коэффициентом формы < 10 . Отмеченные морфологические особенности кристаллитов береговского диккита обуславливают его сравнительно малую удельную поверхность, низкую пластичность и резкое отличие от известных каолинов по ряду показателей структурно-механических свойств (Русько, Комская, 1966).

Относительно зависимости между структурными и морфологическими особенностями каолинита существуют противоречивые мнения. Они вызваны в известной мере тем, что соответствующие сопоставления часто проводились без учета генетических особенностей каолинита, а в

случае каолиновых глин — его геологической истории. Анализ соотношения между структурной упорядоченностью и кристалло-морфологическим развитием каолинов одного генетического типа в пределах Глуховецкого месторождения указывает на существование определенной связи между ними.

Речь идет о каолинитах из профиля выветривания чудново-бердичевского гранита, пегматоидного гранита, биотит-плагиоклазового гнейса и порфиоровидного гранита, данные о структурных и морфологических особенностях которых изложены выше. Каолинит с упорядоченной структурой представлен, как правило, хорошо окристаллизованными индивидами. Наряду со значительным уменьшением степени упорядоченности структуры этого минерала ухудшается окристаллизованность его индивидов (каолинит по порфиоровидному граниту). Это обстоятельство не только демонстрирует влияние структурных дефектов на морфологические особенности каолинита, но и указывает на возможную общность факторов, влияющих на эти характеристики в процессе выветривания и каолинообразования.

Описанные для различных каолинитов морфологические признаки и особенности, хотя и установлены при относительно больших увеличениях, все же скорее относятся к категории макрокристалло-морфологических особенностей, характеризующих с той или иной степенью форму кристалла в целом. По-видимому, они менее чувствительны к неупорядоченности кристаллической структуры, чем гранная ультрамикроморфология или микро топография поверхности. Сравнительное электронно-микроскопическое исследование ряда каолинитов из украинских месторождений показало существование определенной общей зависимости между степенью упорядоченности кристаллической структуры этого минерала и характером микро топографии, выявляемой с помощью декорирования золотом (Русько, Иванов, 1970). С уменьшением упорядоченности кристаллической решетки усложняется характер микроморфологии благодаря проявлению различного рода дефектов структуры и связанных с ними энергетических аномалий. Такие частицы обладают активными центрами не только в местах оборванных связей, но и на поверхности базопинакоидных граней или плоскостей спайности, что не может не отразиться на физико-химических и технологических свойствах каолинов.

СЛЮДИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ

Промежуточное положение между остаточными и гипергенными минералами занимают гидрослюды — продукты деградации слюд. В них обеднение катионами межслоевых промежутков, сопровождающееся гидратацией, происходит при сохранении основной структурной постройки. Будучи промежуточными продуктами при каолинизации минералов исходных пород, они присутствуют преимущественно в самых нижних частях залежей каолинов, образовавшихся при выветривании пород, содержащих слюды в качестве породообразующих минералов. Содержание гидрослюд может достигать 10% и более. При характеристике каолинового профиля выветривания выделяют каолинит-гидрослюдистую зону или подзону, занимающую промежуточное положение между зоной дресвы (или дезинтеграции кристаллических пород) и каолиновой зоной.

Поскольку в подавляющем большинстве случаев гидрослюды каолинов представляют собой продукт гидролиза и гидратации первичных слюд — биотита (флогопита) и мусковита (парагонита), они отличаются от них меньшим содержанием щелочей и большим — воды, а в остальном обладают всеми основными чертами этих слоистых алюмосиликатов; наиболее удачными видовыми названиями представляются термины «гидробиотит» и «гидромусковит». С кристаллохимической точки

зрения, они являются представителями двух структурных подгрупп — три- и диоктаэдрических слюд, хорошо различающихся рентгенографически. Основными чертами этих слоистых алюмосиликатов, относящихся к структурному типу 2:1, являются: 1) сочетание в структурном пакете двух тетраэдрических слоев и заключенного между ними октаэдрического слоя; последний заселен различными ионами в шестерной координации, определяющими разнообразие слюд; 2) в зависимости от полноты заселения октаэдрических положений, определяющейся валентностью этих ионов, различают диоктаэдрические и триоктаэдрические разновидности, у которых заполнены $\frac{2}{3}$ или соответственно все позиции. В тетраэдрическом слое $\frac{3}{4}$ тетраэдров заняты ионами Si, $\frac{1}{4}$ ионами Al, что определяет его отрицательный заряд; 3) в межпакетных промежутках располагаются крупные ионы K, реже Na, нейтрализующие отрицательный заряд и обеспечивающие связь между структурными пакетами. Эти катионы подвержены выщелачиванию при начальном выветривании и замене на гидроксильные ионы. Мусковит $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$ с натриевым аналогом (парагонитом) и флогопит $KMg_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$ с железистым эквивалентом (биотитом) являются соответственно типичными представителями диоктаэдрических и триоктаэдрических слюд.

В элювиальных каолинах гидрослюды статистически чаще и в относительно большем количестве связаны с выщелачиванием и гидратацией биотита. Выветривание его до стадии гидробиотита сопровождается выносом катионов и переходом Fe^{2+} в Fe^{3+} , компенсирующим избыточные отрицательные заряды, возникающие на поверхности тетраэдрических слоев. Это вызывает изменение окраски минералов, оптических и некоторых других физических свойств. Наблюдается повышенная способность биотита расслаиваться по спайности и несколько измельчаться. Дальнейшее выветривание биотита в зависимости от физико-химических условий среды ведет к непосредственному образованию псевдоморфоз каолинита (Иванов, Русько, Теодорович, 1971; De Kimpe et Tardy, 1967) или к образованию этого минерала через стадию вермикулита и монтмориллонита (Дьяконов, 1964; Коссовская, Дриц, Александрова, 1963).

При полном замещении биотита каолинитом образуются характерные червеобразные и веерообразные сростки — псевдоморфозы. Каолинит может быть представлен сравнительно крупными индивидуальными кристаллами. Содержащиеся в диоктаэдрических гидрослюдах железо и титан при их каолинизации, как правило, кристаллизуются в виде самостоятельных минеральных фаз — гётита и рутила-сагенита, часто образующих включения в каолините.

Продукты деградации мусковита (серицита), реже парагонита — гидрослюды диоктаэдрического ряда сравнительно меньше распространены в элювиальных каолинах, за исключением случаев широкого развития серицитизации исходных пород. Ряд исследователей считает тонкозернистую слюду и гидрослюду этого типа (серицит и гидросерицит) непременным стадийным минералом при каолинизации плагиоклазов (Петров, 1948, 1967; Милло 1968), что в известной мере справедливо для указанных выше случаев, если считать серицитизацию гипергенным процессом. Эти гидрослюды, в силу особенностей состава и структуры, относительно более устойчивы к выветриванию по сравнению с гидробиотитами и поэтому могут присутствовать несколько выше по профилю выветривания. В зависимости от степени деградации изменяются их оптические (Петров, 1948) и другие физические свойства. При дальнейшем выветривании диоктаэдрические гидрослюды превращаются непосредственно в каолинит.

Вермикулиты могут присутствовать в некоторых элювиальных каолинах в ничтожных количествах, устанавливаемых лишь рентгенографи-

чески по наиболее интенсивным базальным рефлексам при пофракционном изучении породы. Здесь они образуются в качестве стадийного минерала или одного из компонентов смешанно-слоистого образования при выветривании триоктаэдрических гидрослюдов.

МОНТМОРИЛЛОНИТЫ

Минералы группы монтмориллонита нельзя считать характерными для каолиновой коры выветривания кислых пород. Однако они установлены в некоторых каолинах, образовавшихся по материнским породам, содержащим биотит, а также амфиболы и пироксены. Являясь стадийным продуктом при каолинизации этих минералов, монтмориллонит обычно присутствует в незначительном количестве в пределах одного или нескольких процентов. Монтмориллонит отмечается и в некоторых переотложенных каолинах, в частности североамериканских (Murray and Lyons, 1960). Равномерно рассеянный в породе при небольшом содержании этот минерал может заметно влиять на физико-химические свойства каолинов. Монтмориллонит в каолине устанавливается только рентгенографически по наиболее сильным базальным отражениям от ориентированных препаратов. В чистом виде не выделен. Чаще он представлен железистой или железисто-магнезильной разновидностью.

ДРУГИЕ ГИПЕРГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

Кроме слоистых силикатов к новообразованным минералам, обычно присутствующим в относительно небольших количествах, относятся: игольчатый рутил (сагениит), кристаллизующийся при выветривании титансодержащих биотитов; лейкоксен — продукт изменения ильменита в скрытокристаллический анатаз; гематит, гётит, реже пирит и минералы свободного глинозема. Среди примесей особого внимания заслуживают окислы железа и титана. Вопрос о минеральных формах этих элементов, поскольку они тесно ассоциируются с глинистой составляющей каолинов и строго контролируют сортность последнего, а также предрешают пути его обогащения или отбеливания, имеет важное значение.

В отличие от коры выветривания основных и ультраосновных пород, содержание гидроокислов железа в элювиальных каолинах, образовавшихся из кристаллических пород кислого ряда, обычно небольшое — в пределах одного или нескольких процентов. Основными источниками гидроокислов железа в каолиновой коре выветривания являются биотиты, хлориты, амфиболы, пироксены, гранаты, высвобождающие этот элемент при каолинизации. Поэтому гидроокислы железа, нередко кристаллизующиеся при старении гелей, образуют не только мельчайшие индивидуальные кристаллиты, но и субмикроскопические включения в каолиновых индивидах, а также пленки или мицелярные поверхности. Гидроокислы железа в каолинах представлены преимущественно гётитом и гидрогётитом (лимонитом), находящимися в тесной, практически неразделимой смеси. Идентификация их надежно производится рентгенографическим методом по характерной совокупности наиболее сильных рефлексов при 4,18 Å, 2,69 Å, 2,45 Å и др. Рентгеновская идентификация подтверждается радиоспектроскопическими методами. Рентгеновские исследования показали, что лимониты, выделяемые как водные окислы железа с несовершенной структурой, обычно состоят из высокодисперсного гётита, часто с примесью лепидокрокита (Руксби, 1955). Избыточная вода, по-видимому, является адсорбционной.

Электронно-микроскопические исследования многочисленных образцов украинских каолинов показали, что лишь меньшая часть содержащегося в них гётита представлена индивидуальными кристаллитами,

часто образующими звездообразные сростки. По-видимому, большая часть его присутствует в форме субмикроскопических включений, мицеллярных пленок и дисперсных частиц, декорирующих поверхность кристаллов каолинита.

Помимо образования самостоятельных минеральных фаз не исключена возможность изоморфного вхождения малых количеств железа в каолинит. Д. Холдридж (Holdridge, 1959) предполагает лимитированное замещение Al^{3+} в октаэдрических слоях каолиновой структуры на Fe^{3+} и Mg^{2+} , чем и объясняет повышенную емкость обменных оснований комовых глин и присутствие этих элементов в каолине. Аналогичное, но более обоснованное предположение в отношении железа сделали Р. Мэлден и Р. Минд (Malden and Meads, 1967), интерпретируя мессбауэровский спектр каолинита, очищенного от железистой слюды и содержащего 0,5—0,8% Fe_2O_3 , неизвлекаемого кислотами. Исследование парамагнитного резонанса ионов Fe^{3+} в образцах каолинита дает основание полагать об их присутствии в октаэдрических позициях структуры каолинита (Boesman, Schoemaker, 1961). Железо в большей части образует самостоятельные минеральные фазы. Помимо рентгенографических данных, об этом свидетельствует прямая зависимость цвета каолина от содержания окиси железа, растворения последней кислотами. В случае наличия субмикроскопических включений гётита в сростках каолиновых кристаллов, удаление ее из каолина растворением кислотами может быть неполным. При наличии в каолинах, особенно в нижних частях залежей, больших количеств гидрослюды биотитового ряда или железистого монтмориллонита, что наблюдается, когда исходные породы содержат амфиболы, пироксены и в повышенном количестве биотит (например, Винницкий каолиноносный район Украинского щита), значительная часть железа должна быть отнесена за счет этих минералов.

Гидроокислы алюминия, широко развитые преимущественно в верхней зоне профиля выветривания основных и ультраосновных пород при их латеритном выветривании, не характерны для каолинов, образованных на кислых породах. В очень редких случаях отмечаются ничтожные количества минералов свободного глинозема в каолиновой коре выветривания. Подавляющее большинство элювиальных каолинов не содержит заметных количеств этих минералов. Ассоциация бёмита и гиббсита (гидраргиллита) с каолинитом наблюдается в переходной зоне между каолином и бокситом во многих латеритных профилях выветривания основных пород. При размыте и переотложении подобных продуктов выветривания не исключена возможность формирования месторождений переотложенных каолинов, содержащих минералы свободного глинозема. В качестве примера высокоглиноземистого каолина можно назвать каолины Новоселецкого и Озернянского месторождений (УССР). В первом содержание свободного глинозема от десятых долей до 15—20%, иногда 40%. Некоторые исследователи полагают, что присутствующий в этом каолине гидраргиллит образовался на месте за счет преобразования каолинита в процессе формирования месторождения (Корякин, 1958; Куковский, 1960).

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЫ

После формирования каолиновых залежей и перекрытия их осадочным чехлом в них могут иметь место вторичные, наложенные или эпигенетические процессы минералообразования, связанные главным образом с инфильтрационными процессами. В зависимости от условий залегания и характера покрывающих осадков на отдельных месторождениях в верхней части каолиновых толщ наблюдается образование эпигенетических минералов, таких как кальцит, сидерит, лимонит, халцедон (кремнистые стяжения). Образование эпигенетических минералов

констатировано на отдельных месторождениях как элювиальных, так и переотложенных каолинов (Сивоконь, 1969). Учитывая, что горизонт инфильтрационных изменений каолиновых залежей характеризуется наличием вредных минеральных примесей, считается целесообразным его выделение на разведываемых месторождениях.

Несмотря на то, что глинистая составляющая каолинов в большинстве случаев представлена почти нацело одним каолинитом, опыт показывает, что их физико-химические, структурно-механические, а следовательно, и технологические свойства часто существенно отличаются. На эти свойства влияет целый ряд факторов, среди которых большая роль принадлежит кристаллическим и кристалло-морфологическим особенностям каолинита, а также, по-видимому, глинистым минеральным примесям. Необходимы дальнейшие исследования каолинов, включая распространение структурных и морфологических разновидностей каолинита и других глинистых минералов в зависимости от зон выветривания, минералов — предшественников, состава материнских пород, условий выветривания, возраста кор выветривания и др. Кроме того, строго контролируют достоинства каолинового сырья окислы железа и титана, тесно ассоциирующие с их тонкодисперсной частью. Вопрос о минеральных формах этих элементов имеет не только минералогический, но и большой практический интерес, поскольку предreshает пути обогащения и практического использования каолинового сырья.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПОИСКОВЫХ И РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА КАОЛИНЫ

Комплекс поисково-разведочных работ, направленных на выявление месторождений каолинов, рекомендуется проводить в районах, характеризующихся благоприятными для этих целей признаками.

Применительно к каолинам целесообразно выделить ряд этапов, каждый из которых отражает степень детализации в общем процессе познания месторождения.

- | | | |
|-------------------|-----------|--|
| Этап 1. Поиски. | 1 стадия. | Рекогносцировочно-поисковые работы. |
| | 2 стадия. | Поисково-разведочные (детальные поиски на перспективных участках). |
| Этап 2. Разведка. | 1 стадия. | Предварительная разведка. |
| | 2 стадия. | Детальная разведка. |
| | 3 стадия. | Эксплуатационная разведка. |

Очередность этапов и стадий позволяет выбрать для детального изучения оптимальный участок и тем повысить эффективность геолого-разведочных работ.

Геологу, приступающему к разведочным работам, следует иметь четкие представления о методах обогащения и путях применения каолинов в промышленности, знать требования к качеству каолинов и изделий из них, выяснить потребности данного и соседних районов в каолинах на данный момент и в перспективе, а также разбираться в экономике каолинов (себестоимость и отпускные цены). Незнание этих вопросов приводит нередко к ошибкам в выборе схем технологического изучения каолинов и в определении перспектив изучаемого района.

Каолины являются сырьем комплексного назначения, что требует и комплексной оценки их на отдельных месторождениях и каолиновых площадях с точки зрения возможности использования в природном или переработанном виде многими отраслями производства.

Ниже дается краткая характеристика работ по этапам. Данный раздел не претендует на универсальность и не является заменой существующей инструкции ГКЗ относительно требований к изученности запасов промышленных категорий и материалов к подсчету запасов. Его следует понимать как методическое пособие.

РЕКОГНОСЦИРОВОЧНО-ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРЕДПОЛЕВЫЕ КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Для проведения работ первого этапа нужен конкретный заказ промышленности с указанием необходимости выявления месторождения определенных масштабов (исходя из годовой потребности и амортизационного срока) и качества, отвечающего определенным требованиям. Этот заказ (или заявка) промышленности является основанием для включения работ в план геологоразведочных работ и последующего их

проектирования. Требования к горно-техническим, гидрогеологическим и транспортным условиям на этой стадии работ не учитываются, ибо они сразу же ограничивают площадь работ.

Имея такой заказ, оформленный в виде письма или технического задания, можно приступать к проектированию работ первого этапа. При этом надо помнить, что каолин — сырье, требующее централизации добычи и производства: невыгодно располагать несколько мелких карьеров или обогатительных фабрик в одном и том же экономическом районе; чем крупнее механизированные карьеры и фабрики, тем выше их рентабельность. В настоящее время считается экономически приемлемой мощность обогатительной фабрики не менее 200 тыс. т каолина в год (400—500 тыс. т сырца) или карьер вторичного каолина с производительностью 200—300 тыс. т в год. Меньшая производительность предприятий может быть оправдана лишь уникально высоким или своеобразным качеством каолина, крупные запасы которого выявить пока не удалось (например, каолин типа глуховского или турбовского).

Проект рекогносцировочно-поисковых работ должен опираться на глубокое знание геологического строения района, в первую очередь тех стратиграфических горизонтов и формаций, в которых возможно выявление каолинов. При его составлении, как и при проведении работ первого этапа, должны быть учтены те поисковые признаки, о которых говорилось выше.

В настоящее время по большинству регионов проведены геологические съемки масштаба 1 : 200 000 и крупнее. В набор карт, составленных на основании этих съемок, входят карты изопахит коры выветривания, а иногда структурные или литологические карты отдельных горизонтов, к которым могут быть приурочены месторождения каолинов. Такие карты необходимо использовать при составлении проекта. Проектом должен предусматриваться предполевой сбор материалов и построение прогнозных карт масштабов 1 : 200 000—1 : 50 000 в зависимости от масштабов произведенной в районе съемки.

Для составления таких карт на них первоначально наносят контуры распространения гранитоидных кристаллических пород (гнейсы, мигматиты, граниты), отдельно оттеняя на них лейкократовые, в том числе калиевые разности. Внутри контуров наносятся по возможности все выработки, вскрывшие кору выветривания и особо выделяются те из них, которыми каолины вскрыты на полную мощность и опробованы. У каждой выработки согласно документации проставляется мощность каолинов, мощность вскрышных пород и отметки кровли каолинов. На основании этих данных проводят нулевой контур распространения каолинов и внутри него ориентировочно оценивают горно-технические условия. Если имеются анализы каолинов, они заносятся в отдельные таблицы, данные которых также используются при оценке прогнозных площадей, получаемых в результате всех построений. Прогнозные площади накладываются затем на топографическую основу того же масштаба, чтобы определить внутри них участки застроенные, занятые дорожными и другими магистралями, которые исключаются из числа перспективных. Одновременно, учитывая рельеф поверхности, гипсометрию каолинов и преобладающее простираание коренных пород, намечают направление рекогносцировочно-поисковых профилей.

Аналогичным образом составляются прогнозные карты на переотложенные каолины с тем различием, что прогнозные площади намечаются внутри контура распространения на перспективном стратиграфическом уровне озерно-лагунных или аллювиальных континентальных отложений с учетом гипсометрии и мощности вскрытых съемочными скважинами каолинов, вскрыши над ними, а также рельефа и застроенности дневной поверхности.

ПОЛЕВЫЕ РЕКОГНОСЦИРОВОЧНО-ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ

Полевые работы первой стадии производятся на основе прогнозной карты (которая принимается как геологическая основа) и на топографической основе масштабов 1:100 000—1:25 000. В задачу работ этой стадии входит выявление месторождений, а также ориентировочная оценка их величины, качества, горно-технических и гидрогеологических условий. В результате проведения рекогносцировочно-поисковых работ геолог может ответить конкретно на вопрос, какого масштаба, какого типа и в каких условиях в заданном районе может быть выявлено месторождение каолинов.

Если в районе работ имеются открытые для наблюдений выходы каолинов (обнажения), они при поисковых работах должны быть детально обследованы, описаны и опробованы. При этом по цвету, текстуре, характеру распределения включений и др. выделяются основные литологические разности каолинов и по ним составляется эталонная коллекция. Образцы-эталонные следует проанализировать в лабораторных условиях (гранулярный и химический состав, содержание белого цвета) с тем, чтобы при последующей документации выработок ими можно было пользоваться для сравнения с описываемым разрезом. В закрытых районах эталоны отбираются от проб, полученных из первых скважин. Практически целесообразной в настоящее время считается эксплуатация каолинов на глубинах до 80—100 м. Поэтому поисково-рекогносцировочные работы производятся с помощью скважин, проходимых самоходными буровыми установками легкого типа. Скважины должны вскрывать кору выветривания до подошвы дресвяной зоны с углублением в выветрелые материнские породы на 3—5 м. На такую же глубину проходятся породы, подстилающие переотложенные каолины.

Вскрышные породы в случае их неустойчивости подлежат креплению, бурение по вскрыше ведется с глинистым раствором достаточной вязкости, обеспечивающей устойчивость ствола скважины. По достижении кровли каолинов и закреплении вскрыши скважина подлежит промывке до полного удаления глинистого раствора. Бурение полезной толщи производится с чистой водой или с глинистым раствором на тех же каолинах (естественная глинизация). Выбранный способ бурения должен обеспечивать надлежащий выход керна и ненарушенную его структуру.

Поисковая сеть развивается от обнажений или геологосъемочных скважин по лучевому методу с расстояниями между выработками от 200—400 до 800 м и более, в зависимости от величин прогнозного контура и типа месторождений вплоть до обнаружения нулевых мощностей в контурных выработках. По этому методу каждая положительная скважина должна быть оконтурена по четырем направлениям-лучам другими скважинами. Все выработки топографически привязываются и наносятся на схему масштабов 1:50 000—25 000, а керна их подлежат тщательной документации и опробованию.

В процессе рекогносцировочно-поисковых работ необходимо получить сведения о водоносности полезной толщи и покрывающих пород. Для этой цели на перспективных площадях производятся наблюдения над уровнем воды в скважинах по окончании бурения (до заплывания ствола), а также наблюдения за поглощением промывочной жидкости в процессе бурения. По двум-трем скважинам после окончания бурения и тщательной промывки стволов производится опытная обработка желонкой с последующими наблюдениями за восстановлением уровня. Одновременно в процессе поисков фиксируются все родники и водопроявления на площади работ с установлением их ориентировочного дебита. При получении положительных результатов на первой стадии работ можно по согласованию с руководством осуществлять переход ко второй стадии геолого-разведочных работ.

ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ (ДЕТАЛЬНЫЕ ПОИСКИ)

Работы второй стадии преследуют своей целью получение геолого-гидрогеологической, а также горной и качественной характеристик выявленного месторождения в объеме, достаточном для квалификации запасов каолинов по категории С₂.

Как правило, месторождения каолинов ввиду невозможности геометризации выделяемых на них сортовых разностей и резких изменений мощностей полезной толщи, относятся ко второй группе классификации, принятой ГКЗ для месторождений глин.

Детальные поиски желательнее проводить на двух-трех перспективных участках, существенно отличающихся друг от друга по геолого-экономическим показателям с учетом возможности получения отрицательных данных на отдельных из них.

Выбирая эти участки, кроме геологических, горных и транспортных показателей нужно выяснить также ценность земель и возможность отчуждения сельскохозяйственных угодий под карьеры на конкретных участках. Этому вопросу уже на поисковом этапе должно уделяться самое серьезное внимание. При одинаковых запасах и качестве сырья предпочтение отдается участкам с малопригодными или непригодными для пахоты землями. Особенно нежелательно освоение под карьеры площадей, занятых садовыми культурами. На проведение поисково-разведочных работ нужно иметь согласие областных и районных Советов депутатов трудящихся, причем работы эти нужно проводить с минимальными потребами сельскохозяйственных культур. Места заложения скважин подлежат рекультивации.

Исследования, проведенные на Просяновском месторождении, показали, что для достоверной оценки сортности каолиновой залежи необходимое минимальное количество опробованных выработок, вскрывающих полезную толщу, составляет 15—22. Дальнейшее увеличение количества скважин на площади участка при равномерном сгущении сети существенно не изменяет полученного ранее соотношения сортов, но позволяет уточнить морфологию залежи и распределение сортов в отдельных блоках. Оценки сортности каолинов по меньшему числу выработок не обеспечивают необходимой достоверности. Поскольку содержание сортов является важнейшим показателем месторождения, сказанное здесь должно быть учтено при проведении поисково-разведочных работ.

При выборе плотности поисково-разведочной сети нужно принимать во внимание необходимость подсчета средней сортности, а также прослеживания изменений мощности полезной толщи и вскрыши. Для первичных каолинов при выборе плотности и ориентировки сети следует учитывать простираание материнских пород. При вытянутой форме залежи рекомендуется вскрывать ее профилями вкрест протяжения, образуя расстояния между профилями и между выработками с величиной залежи. Следует обращать внимание на рельеф кровли и подошвы залежи с тем, чтобы не задавать пустых выработок.

Плотность разведочной сети на этой стадии определяется по аналогии с ранее разведанными месторождениями.

Разведочные сети квадратной и прямоугольной формы с расстояниями между выработками 400×400 и 200×400 достаточны для квалификации запасов по категории С₂ в крупных и средних по величине месторождениях. Мелкие залежи с запасами не менее 5—6 млн. потребуют соответственно более густой разведочной сети. Необходимо уточнять контуры залежей на выклинивании и в местах резких пережимов мощности, на что требуются дополнительные выработки. Глубина поисково-разведочных скважин определяется необходимостью вскрытия полной

мощности полезной толщи, а для первичных каолинов также подстилающей зоны неполной каолинизации, которая в отдельных случаях представляет практический интерес.

Участки, на которых проводятся поисково-разведочные работы, должны получить гидрогеологическую оценку. С этой целью проходятся специальные гидрогеологические скважины. Опробование поисково-разведочных выработок производится в объемах, достаточных для установления возможности применения каолина в ведущих отраслях промышленности (керамика, бумага, огнеупоры, резинокабельные изделия) в сыром и обогащенном виде, в последнем случае с исследованием возможности использования песчаной его части. Для этой цели отбираются, кроме рядовых, лабораторные пробы. При поисково-разведочных работах предварительно выясняются возможности обеспечения будущего предприятия (карьера, обогатительной фабрики, завода огнеупоров и др.) технической и питьевой водой, электроэнергией, топливом, рабочей силой, транспортом, земельным отводом.

Результаты работ первых двух стадий излагаются в отчете, который является основанием для согласованного с промышленностью перехода к предварительной разведке месторождения.

В отчете по поискам разрабатываются технические условия для сырья данной залежи, согласно которым промышленностью выдается задание на последующую стадию работ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Предварительная разведка производится на месторождениях, получивших положительную оценку по результатам поисков. В задачу предварительной разведки входит получение геолого-гидрогеологической, качественной и технологической характеристики месторождения в объеме, достаточном для составления технико-экономического доклада о целесообразности промышленного освоения залежи. Эта задача решается путем сгущения сети разведочных выработок и их опробования, а также изучения качества и технологических свойств каолинов. Запасы по результатам предварительной разведки оцениваются в основном по категории С₁.

Плотность сети предварительной разведки определяется, как и при поисках, по аналогии с разведанными месторождениями и с учетом геологических особенностей данной залежи. На основании многолетнего опыта разведок рекомендуется следующая плотность сети разведочных выработок для различных каолиновых залежей (табл. 92).

По условиям залегания почти все типы и подтипы месторождений (кроме подтипов 4 и 9) относятся ко второй группе классификации ГКЗ (см. табл. 92).

Выработки предварительной разведки задаются с учетом ранее пройденных поисковых выработок и должны вскрывать полезную толщу на полную ее мощность. Всё месторождение в эту стадию охватывается топографической съёмкой масштабов 1 : 5000—1 : 10 000. По единичным специально оборудованным скважинам предварительно изучаются гидрогеологические условия месторождения. Для характеристики технологических свойств отбираются лабораторные, а при необходимости (например, при внедрении в производство новой технологии обогащения) и полупромышленные пробы.

На основании отчета о предварительной разведке геологами разрабатываются и утверждаются промышленностью временные кондиции, а также составляется ТЭД (технико-экономический доклад) о целесообразности промышленного освоения месторождения.

Разновидность природных каолинов	Характеристика залежей	Рекомендуемая густота сети для категорий, м		
		В	C ₁	C ₂
Остаточные бесщелочные	Очень крупные залежи, приуроченные к линейно-площадной коре (Просьяная, Глуховцы)	100—150	150—300	300—500
	Крупные и средние залежи первичных бесщелочных каолинов, связанные с площадной корой (Алексеевское месторождение)	50—100	100—200	200—400
	Средние и мелкие залежи первичных каолинов, связанные с линейной корой (Еленинское месторождение)	50—75	75—150	150—300*
	Средние и мелкие залежи гидротермального типа (Береговское месторождение)		50—75	75—150*
Остаточные щелочные	Очень крупные залежи щелочных каолинов, связанные с линейно-площадной корой (Западно-Дибровская залежь Просьяновского месторождения)	50—100	100—200	200—400**
	Крупные и средние залежи, связанные с площадной корой	50—75	100—150	200—300
	Средние и мелкие залежи, связанные с линейной корой (Вершинский участок Просьяновского месторождения)	25—50	50—100	100—200*
Переотложенные бесщелочные	Крупные и средние залежи озерного и дельтового происхождения (Положское месторождение)	100—150	150—300	300—500
	Мелкие аллювиальные залежи (Глуховское месторождение)	—	25—50	50—100*
Переотложенные щелочные	Крупные и мелкие залежи озерно-дельтового происхождения (Чалганское месторождение)	50—75	100—200	200—300

* Расстояния между профилями. Между выработками профиля расстояния могут быть меньше в 2—3 раза.

** Расстояния между выработками профиля, направленного вкост простираения структур, сокращать вдвое против указанных в таблице.

Составление ТЭДов поручается компетентным отраслевым институтам, занимающимся проектированием предприятий каолиновой промышленности, и проводится обычно по договорам между геологической организацией, ведущей поиски и разведку, и соответствующим институтом.

Технико-экономическим докладом определяется круг потребителей каолинов данного месторождения, учитываются требования потребителей к его качеству, рассчитывается мощность карьера и обогатительной фабрики, способ разработки месторождения и технологическая схема обогащения (для элювиальных каолинов), возможность использования пород вскрыши и побочных продуктов обогащения. Здесь же расчетами подтверждаются и уточняются принятые для временных кондиций минимальная промышленная мощность полезной толщи, максимально допустимая мощность вскрыши и пустых пород, а также устанавливается себестоимость сырья, концентратов и попутных продуктов. Путем сравнения себестоимости с действующими отпускными ценами на разные сорта каолина по соответствующим формулам устанавливается рентабельность предприятия и срок окупаемости капитальных вложений, затраченных на его строительство.

Технико-экономические расчеты ведутся повариантно, с учетом возможности применения различной механизации, разных способов разработки, различных методов технологической обработки сырья и его транспортировки с целью установления оптимальных показателей. Наиболее важные из них — себестоимость сырья и концентратов, а также рентабельность и окупаемость предприятия.

Себестоимость определяется по специальным нормативным справочникам (сметно-финансовым расчетам), как сумма затрат на добычу 1 т сырья или концентрата.

Она тем ниже и предприятие тем экономичней, чем больше годовой объем добычи, так как целый ряд показателей (зарплата ИТР, административные расходы и др.) для крупных и мелких предприятий почти не различаются. Поэтому эксплуатация месторождений мелкими карьерами, как правило, экономически не оправдана, так как себестоимость каолина может превысить отпускные цены, что приводит к увеличению срока окупаемости. Под сроком окупаемости понимают время, в течение которого получаемая от эксплуатации предприятия прибыль погашает вложенные в него капитальные затраты. Годовая прибыль равна разнице между суммой, полученной от реализации годовой продукции по оптовым ценам, и суммой годовых затрат на ее производство

$$П = O_{ц} \cdot T - C \cdot T,$$

где $O_{ц}$ — оптовая цена тонны выпускаемой продукции; C — себестоимость тонны продукции; T — годовое количество товарной продукции; $П$ — годовая прибыль.

Срок окупаемости равен отношению суммы капитальных вложений к сумме годовой прибыли. Для предприятий каолиновой промышленности нормальный срок окупаемости не должен превышать 6—7 лет. Предприятия с большим сроком окупаемости считаются экономически маловыгодными.

Рентабельность — величина, обратная сроку окупаемости. Она выражена в процентах, которые составляет годовая прибыль от капитальных вложений

$$P = \frac{П}{K_{в}} \cdot 100,$$

где P — рентабельность; $П$ — годовая прибыль; $K_{в}$ — сумма капитальных вложений.

Так как нормативный срок окупаемости для каолиновых предприятий принят не свыше 7 лет, рентабельность этих предприятий должна составлять не менее $100 : 7 \approx 15\%$. Общая ценность месторождения, по Н. А. Быховеру (1966), определяется стоимостью запасов сырья или производимых из него концентратов за вычетом затрат на их добычу и переработку

$$Ц_m = Z_m O_{ц} - (Z_d - Z_{п}),$$

где $Ц_m$ — ценность месторождения; Z_m — запасы месторождения в тоннах; $O_{ц}$ — оптовая цена за тонну; Z_d — затраты на добычу; $Z_{п}$ — затраты на переработку.

Имея ориентировочный подсчет запасов и оптовые цены на каолин действующего предприятия — аналога, пользуясь данными затрат на добычу и переработку сырья на этом предприятии, можно предварительно рассчитать ценность месторождения и установить необходимость более глубокой экономической оценки месторождения путем составления ТЭДа. Если затраты на добычу и переработку сырья превышают оптовую цену или отличаются от нее незначительно, необходимость составления ТЭДа и затрат на него может отпасть. Выбор аналога при этом должен быть обоснованным.

Технико-экономические доклады составляются на все вновь разведываемые месторождения. При выявлении в составе месторождения новых участков последние могут подвергаться детальной разведке и без ТЭДа при условии: 1) полной аналогии нового и ранее разведанных участков по геологическим условиям и качеству; 2) согласования работ с Управлением, в ведении которого находится месторождение; 3) сравнительного технико-экономического расчета, в котором будет доказано, что себестоимость добычи сырья на новом участке будет не выше, чем на разрабатываемых участках.

Если при повторных разведках, доразведках и коренной переоценке месторождения в составе его выявлен новый вид полезного ископаемого (микроклин, например) или каолин этого месторождения в результате доразведки намечено использовать в новых отраслях промышленности, составление ТЭДа до перехода к детальной разведке является обязательным.

ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Детальной разведке подвергаются объекты, получившие положительную оценку в ТЭДах. Основанием для ее проведения является протокол утверждения ТЭДа отраслевым министерством. Утверждению обычно предшествует обсуждение ТЭДа с представителями заинтересованных предприятий и главков по представлению геологической организации.

Детальное изучение каолиновых месторождений производится с целью уточнения морфологии полезной толщи, получения достоверной оценки запасов, качества и технологических свойств сырья в объемах, достаточных для проектирования и эксплуатации.

Выбор площади под детальную разведку производится специальной комиссией с участием геологических, промышленных и проектирующих организаций, санинспекцией, в необходимых случаях также представителей охраны природы и других ведомств (газинспекции, совхозов и колхозов). Результаты выбора площади оформляются актом, утвержденным Областным Советом депутатов трудящихся. До утверждения такого акта, особенно если пользование землей является спорным, проводить детальную разведку не следует. При детальной разведке важным является вопрос выбора формы, направления и плотности разведочной сети скважин.

Этот метод наиболее надежный, но не всегда применим как вследствие неполноты аналогии разведываемого и разрабатываемого объектов, так и вследствие отсутствия надлежащих данных по эксплуатируемым месторождениям, где обычно не налажена геолого-маркшейдерская служба и учет качества добытой продукции.

Опыт разведки аналогичных месторождений в тех случаях, когда материалы подсчета запасов по аналогу рассмотрены и утверждены ГКЗ без замечаний относительно густоты разведочной сети, также надо принимать во внимание при обосновании плотности сети на изучаемом месторождении. До перехода к детальной разведке геологу рекомендуется внимательно ознакомиться с протоколами ГКЗ и заключениями экспертизы по результатам разведки аналогичных месторождений.

Густота разведочной сети определяется сложностью строения месторождения. Залежи каолинов, как правило, разведываются большим количеством выработок, поэтому вполне применимы методы вариационной статистики.

Наиболее часто используют среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации. Первую величину определяют по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}},$$

где $\sum x^2$ — сумма квадратов разностей параметра (мощности, содержания) по соседним выработкам в данном профиле; n — количество выработок; σ — среднеквадратичное отклонение.

Коэффициент вариации определяется как отношение среднеквадратичного отклонения к среднему значению параметра C , выраженное в процентах $C = \frac{\sigma \cdot 100}{C}$. Вычисленные коэффициенты вариации мощности по различным месторождениям первичных каолинов колеблются в довольно широких пределах от 35—40 до 134—145. Значение коэффициентов вариации по простиранию залежей и вкrest их неодинаково, т. е. коэффициенты вариации являются величинами векторными, указывающими направление наибольшей изменчивости, что может быть использовано для обоснования ориентировки разведочной сети. По величине коэффициента вариации различают пять групп месторождений (табл. 93).

Таблица 93

Группа месторождений	Характеристика месторождения	Коэффициент вариации
I	Весьма равномерные	До 20
II	Равномерные	20—40
III	Неравномерные	40—100
IV	Весьма неравномерные	100—150
V	Крайне неравномерные	Более 150

Фактически первые две группы по характеру распределения мощностей составляют первую группу классификации ГКЗ, а III и IV группы отвечают второй группе этой классификации. При определении группы, кроме изменчивости по мощности, принимается во внимание изменчивость каолиновых залежей по качеству. Суммарно по этим двум показателям каолиновые месторождения, как правило, относятся ко второй группе классификации ГКЗ.

Детальной разведке подвергается лишь часть месторождения, наиболее перспективная по качеству и горно-техническим условиям, с запасами не менее 20% от предусмотренных заданием.

При детальной разведке определяется объемный вес каолинов в целике, производится отбор лабораторных полузаводских и заводских проб (если такие пробы не отбирались или отбирались в недостаточном объеме в предшествующую стадию), выполняется съемка площади детальной разведки в масштабах 1:500—1:2000, детально изучаются гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождения.

Основным требованием, которое следует неуклонно соблюдать при проведении детальной стадии работ, — это тщательная документация и опробование полезной толщи, а также полевая камеральная обработка материалов. Без увязанных полевых разрезов геологическую документацию следует считать неполной. Материалы детальной разведки принимаются комиссией, которая оценивает их комплектность и качество.

Запасы каолинов по результатам детальной разведки, как правило, подсчитываются по категории В с одновременным статическим подсчетом сортового состава залежи в процентах.

Уточнение сортового состава в эксплуатационных блоках, как и уточнение морфологии залежи и особенностей залегания пустых пород, а также мощностей вскрыши и полезной толщи составляют предмет эксплуатационной разведки. Она производится за счет капитальных вложений геологической службой каолинодобывающих предприятий. При эксплуатационной разведке детально документируются и опробуются забой карьера (позабойное опробование), а также производится дальнейшее сгущение сети скважин (главным образом из кровли верхнего добычного уступа). Плотность сети должна обеспечивать подсчет запасов по категории А для месторождений второй группы или по категории В для месторождений третьей группы.

ОПРОБОВАНИЕ, АНАЛИЗЫ, ИСПЫТАНИЯ

ОТБОР И ОБРАБОТКА ПРОБ

На всех стадиях изучения каолиновых месторождений проходка выработок сопровождается отбором проб для изучения вещественного состава и качества полезного ископаемого, а попутно и вмещающих пород. Опробуются также естественные обнажения и карьеры. Пробы отбираются по всей мощности полезной толщи, кроме прослоев пустых пород значительной мощности, которая в каждом отдельном случае должна быть согласована с промышленной организацией в зависимости от способа разработки и применяемых средств механизации. На ранних стадиях изучения для установления влияния пустых пород на качество полезной толщи возможен и двойной отбор проб — с пустыми породами и без них.

Для характеристики качества полезной толщи наибольшее значение имеют пробы рядовые и объединенные, отбираемые из керна по всем без исключения выработкам, где эта толща встречена. Технологические свойства полезного ископаемого изучают на лабораторных, полупромышленных и промышленных пробах. Отбирают еще специальные пробы, которые перечислим ниже. Метод отбора рядовых проб послойно-секционный. Длина секций от 0,25—0,5 до 2,3 м в зависимости от выдержанности качества сырья. Рекомендуются вначале пробы отбирать более мелкими секциями, чтобы более подробно изучить зависимость вещественного состава полезной толщи от замечаемых макроскопических особенностей: цвета, структуры, включений. Длина проб у контакта с покрывающими породами не должна быть более 1—1,5 м. По двум-трем выработкам поискового этапа полезно отобрать из половины керна рядовые пробы по мелким (0,5—1 м) секциям, а из другой половины по укрупненным секциям, чтобы обоснованно решить вопрос о возможности укрупнения длины проб. От количеств проб зависят в значительной

мере затраты на разведочные работы, а также срок их проведения. Интервалы опробования намечаются после описания полезной толщи. В рядовую пробу поступает половина керна после тщательной его очистки от покрывающей корки. Другая половина остается для обеспечения отбора лабораторных и других проб.

Обработку рядовых проб каолинов производят с учетом необходимости сохранения естественного гранулярного состава, а также исключения привноса красящих окислов (железа, меди и др.).

Гранулярный состав сырых каолинов, особенно элювиальных, предопределяет их обогатимость, а красящие примеси являются основным показателем их качества. Поэтому пробы после их подсушивания измельчаются на деревянных щитах с помощью деревянных молотков. Попутно производят сокращение проб. Окончательная навеска 1,5—2 кг делится на две части: одна часть представляет пробу, вторая — дубликат. Если каолин содержит твердые остатки на ситах 5 и 10 мм, в окончательную навеску эти включения вводятся в количестве, пропорциональном их содержанию в первоначальной (до сокращения) пробе.

Как правило, по рядовым пробам выполняются сокращенные неполные анализы, на основании которых соседние пробы одной и той же выработки, близкие по результатам этих анализов (в пределах одного сорта) объединяются пропорционально их длине, составляя объединенные пробы. Последние подвергаются более полным анализам. Длина объединенных проб зависит от однородности качества сырья и от длины входящих в них рядовых проб, но во всех случаях она не должна превышать высоту уступа карьера (от 2—4 до 8—10 м). Для объединенных проб заводится отдельный журнал.

Лабораторные технологические пробы отбираются в большинстве случаев также по керну для характеристики технологических свойств каолинов. Вес их может колебаться от 5—10 до 150—300 кг в зависимости от программы испытаний и оборудования, которым располагает лаборатория. Вес проб и программа их исследования подлежит согласованию с лабораторией в период проектирования работ. Лабораторные пробы желателно отбирать по керну проанализированных проб. Пробы эти отбираются послойно из расчета 3—4 пробы на каждую разновидность; отбор их, как правило, производится на втором этапе (предварительная и детальная разведки). При большом весе проб их можно отбирать из дублированных скважин, пройденных в одной точке.

Полупромышленные и промышленные пробы отбираются на новых детально изучаемых месторождениях. Вес этих проб должен быть согласован с производителем испытаний и может колебаться от нескольких тонн до 500—600 т в зависимости от оборудования, где производятся испытания и их программы. Обычно отбор этих проб производится на стадии детальной разведки, если только данные лабораторных испытаний убедительны и достаточны для составления ТЭД.

Если каолины имеют значительную примесь других глинистых минералов (гидраргиллит, галлуазит) или при их обогащении возможно извлечение ценных побочных продуктов (микроклин, редкие), для изучения технологических свойств каолинов и попутных продуктов могут потребоваться полупромышленные или промышленные пробы на стадии предварительной разведки.

Полупромышленные пробы отбираются обычно из шурфов, а при невозможности их проходки — из куста скважин. Промышленные пробы отбираются из шурфов, при большом весе — из опытных карьеров. Способ отбора проб валовой.

Для характеристики инженерно-геологических и гидрогеологических свойств по разрезу месторождения отбираются пробы-образцы, представляющие собой столбики керна ненарушенной структуры, получен-

ные при бурении всухую. Длина столбиков 20—30 см. По извлечении из скважины такие образцы немедленно парафинируются и направляются в лабораторию. Количество скважин две-три на месторождение.

Аналогичным способом отбираются образцы для петрографических исследований каолинов и подстилающих пород, а также для определения объемного веса и естественной влажности. Для характеристики всего разреза их отбирают по скважинам через определенные интервалы в зависимости от частоты смены контактов из расчета две-три опробованные выработки на каждую разновидность каолинов.

В процессе изучения месторождения перекрывающие и подстилающие породы опробуются по единичным выработкам. По нескольким скважинам, вскрывающим различные типы материнских пород и различные зоны профиля выветривания, отбираются пробы на полный химический анализ, а образцы на петрографические исследования.

Если в процессе изучения месторождения будет установлена промышленная ценность пород вскрыши или подстилающих пород, а также выявятся потребности промышленности в этих породах (кирпичное, керамзитовое сырье, строительные пески), то при детальной разведке месторождения они должны получить промышленную оценку.

СХЕМЫ АНАЛИЗОВ И ИСПЫТАНИЙ

Схемы анализов элювиальных и переотложенных каолинов отличаются тем, что оценка первых в соответствии с существующими ГОСТами производится по обогащенному на сите 0056 концентрату, а качество вторых оценивается в их естественном виде. Элювиальные каолины анализируются по подавляющему большинству проб в обогащенном виде.

Каолины — сырье комплексного назначения, поэтому анализы должны способствовать оценке их пригодности для всевозможных отраслей потребления. Существующая практика оценки этого вида сырья для одного-двух потребителей приводит к необходимости повторных разведок и переоценочных или дооценочных работ при вводе месторождений в эксплуатацию.

По результатам отмучивания элювиального каолина на сите 0056 выясняют содержание глинистой составляющей в пробе, а по характеру и количеству песчаных примесей, просматриваемых макроскопически, определяют приближенно возможность обогащения в производственных условиях, а также тип каолина. Большое (более 55—60%) содержание песка, а также наличие в нем полуразрушенных зерен полевых шпатов характерно для щелочных каолинов. Существует определенная связь между потерей при прокаливании сырья и содержанием в нем щелочей.

В отмученной на сите 0056 глинистой части каолинов определяют по всем пробам содержание белого цвета, Fe_2O_3 и TiO_2 , т. е. показатели, наиболее часто лимитируемые требованиями ГОСТ. Рекомендуется по верхним двум-трем пробам определять также CaO и SO_3 , так как содержание их в каолине связано с инфильтрацией из покрывающих пород¹.

Дальнейшие более полные исследования рекомендуется проводить по укрупненным пробам, получаемым путем объединения соседних рядовых проб по выработке (объединенные пробы).

По этим пробам определяются:

¹ Если содержание CaO и SO_3 в пробах окажется более допустимого ГОСТом, определение этих компонентов следует производить по всем рядовым пробам.

1. В сырье — гранулярный состав, огнеупорность и содержание глинозема. Такие определения охватывают обычно 15—20% общего количества объединенных проб. По единичным типичным пробам (две-три пробы на разновидность) производятся полные химические анализы на девять компонентов.

2. По отмученному каолину: а) полный химический анализ с определением SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O и п.п. (Fe_2O_3 и TiO_2 определены по рядовым пробам). В собственно каолинах определение щелочей производится по единичным пробам, в щелочных — по всем пробам; б) содержание частиц менее 50, 20, 10 и 5 микрон определяется в таком количестве проб, чтобы можно было определенно судить о гранулярном составе обогащенного каолина всех типов и разновидностей; в) огнеупорность — 25—30% проб; г) прочность высушенного каолина на изгиб по 20—25% объединенных проб. По единичным типичным пробам определяется также содержание водорастворимых солей (ионы Cl^{1-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+}), а также pH. По этим пробам выполняется полный минералогический анализ.

3. По песчаной фракции: а) гранулярный состав на ситах для строительных песков; б) SiO_2 , Fe_2O_3 и TiO_2 ; в) K_2O и Na_2O (только в щелочных каолинах); г) минералогический анализ с определением количества полевых шпатов, кварца и слюды по 25—30% проб щелочных каолинов и по единичным типичным пробам собственно каолинов.

По единичным выработкам подробно анализируются образцы из нижележащих некондиционных зон профилей выветривания вплоть до свежих пород, а также образцы каолинов на определение объемного веса и естественной влажности. Перечисленных анализов достаточно для оценки качества элювиальных каолинов с учетом требований промышленности к их качеству.

Приведенная схема может изменяться в зависимости от конкретных условий. Например, в каолинах с нестандартной белизной и высоким содержанием красящих примесей, непригодных для керамики и бумаги, определение белого цвета, Fe_2O_3 и TiO_2 по всем рядовым пробам обязательно.

Переотложенные каолины анализируются в естественном необогащенном виде. Их наиболее ценные свойства определяются степенью запесоченности, а также содержанием глинозема и примесей, понижающих огнеупорность и обуславливающих окраску черепка. Поэтому по большинству выработок в рядовых пробах определяется SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 (на прокаленное вещество) и огнеупорность, а по отдельным выработкам, равномерно освещающим площадь месторождения и выделенные литологические разности каолинов, — полный химический анализ с определением SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O и п.п. По этим пробам определяются механический состав, пластичность и огнеупорность, цвет черепка и спекание.

Для более стройной системы анализов можно рекомендовать следующую схему: а) по рядовым пробам определение SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 и Fe_2O_3 ; б) объединение соседних проб, близких по результатам определения Al_2O_3 , TiO_2 и Fe_2O_3 ; в) по объединенным пробам определение огнеупорности, гранулометрического состава, полного химического состава, интервала спекания и цвета черепка.

В процессе изучения вещественного состава нужно установить графические зависимости между содержанием компонентов и качественными показателями. Такие зависимости могут быть установлены между п.п. и содержанием щелочей, огнеупорностью и щелочностью, огнеупорностью и содержанием глинозема. Эти графики могут быть использованы для приближенной оценки качества сырья.

По двум-трем пробам на литологическую разновидность производится полный минералогический анализ. Во всех случаях 10% всех

определений (по переотложенным и элювиальным каолинам) подвергаются геологическому контролю, из них 5% — внутрилабораторному контролю по зашифрованным пробам и 5% — внешнелабораторному контролю.

С целью определения технологических свойств каолинов производятся лабораторные, полупромышленные и промышленные испытания. В элювиальных каолинах по этим пробам изучаются обогатимость, возможность фракционирования, отбеливания и дегидратации сырья, вещественный состав и возможность использования песчаных отходов, свойства приготовленных на основе каолина изделий.

Переотложенные каолины, как правило, изучаются в качестве основной части огнеупоров, однако в последнее время по заявкам промышленности изучаются их обогатимость, возможность получения на их основе фаянса и фарфора, а также использование в производстве глинозема.

Пробы, отобранные для технологических испытаний, подвергаются наиболее полному изучению вещественного состава, по ним выполняется полный химический анализ, а также определяется подробно механический и минеральный состав, рН, порог структурообразования, прочность на изгиб в высушенном состоянии, огнеупорность и содержание белого цвета после обжига.

По полученным в результате технологических испытаний изделиям — образцам фарфора, огнеупоров, бумаги, резины и др. выполняются все определения, требуемые стандартами и техническими условиями на эти изделия.

Полупромышленные и промышленные испытания каолинов являются решающими в технологической оценке сырья. Они проводятся на действующих предприятиях под руководством лабораторий авторитетных отраслевых институтов и их заключение является окончательным. Результаты этих испытаний оформляются актами с участием ОТК предприятий, которые выполняли испытания, перечнем фактически полученных показателей качества готовой продукции и сравнением их с ГОСТами.

Полупромышленные и промышленные испытания требуются при разведке новых месторождений каолинов, технологические свойства которых не изучены. При разведке новых участков в составе ранее разведанных месторождений достаточно положительного заключения авторитетной лаборатории (института), если в процессе разведки не был открыт новый вид попутных полезных ископаемых (например, микроклин), а сырье вновь разведанных участков аналогично ранее разведаным и не предназначено для новых отраслей промышленности, в которых каолин разрабатываемого месторождения не использовался.

При разведке нового месторождения трудно провести полупромышленные испытания на все виды изделий, в производстве которых применяется каолин. Поэтому полупромышленные и промышленные испытания обычно производят для двух-трех важнейших отраслей, требования которых к каолину наиболее жесткие. По остальным отраслям применения достаточно лабораторных испытаний и заключений отраслевых институтов.

Наиболее авторитетными лабораториями по изучению каолинов являются лаборатории Государственного института керамики (ГИКИ, Ленинград), ВНИИЭК (Всесоюзный научно-исследовательский институт электрокерамики, Москва), Ниистройкерамика (Москва), ВНИИО (Всесоюзный научно-исследовательский институт огнеупоров, Ленинград), ВАМИ (Всесоюзный алюмо-магниевый институт, Ленинград), ЦНИИБ (Центральный научно-исследовательский институт бумажной промышленности, Москва), Уралмеханобр (Свердловск).

В исключительных случаях вопрос достаточности материалов для технологической оценки каолина решается отраслевым управлением (главком) соответствующего министерства по представлению материалов отраслевых институтов.

СОСТАВЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ КОНДИЦИИ

Под кондициями принято понимать совокупность требований к качеству сырья и горно-техническим условиям месторождения, при соблюдении которых обеспечивается экономически рентабельная работа базирующегося на месторождении промышленного предприятия.

Необходимость составления кондиций при разведке месторождений каолинов решается в каждом конкретном случае ГКЗ. Обычно кондиции составляются на месторождениях общесоюзного значения со сложными горно-техническими условиями, сырье которых имеет множество отраслей потребления.

Кондициями, кроме требований к качеству основного сырья (каолина), могут обуславливаться требования к содержанию и качеству попутных полезных ископаемых (концентратов кварца, полевого шпата). Устанавливаются минимальные промышленные мощности полезной толщи, длина сортового интервала, мощность пустых пород, выделяемых при разработке, максимальная мощность вскрыши, глубина отработки и другие требования, регламентирующие условия разработки.

Постоянные кондиции разрабатываются квалифицированными проектными организациями по материалам детальной разведки и утверждаются ГКЗ после согласования с отраслевыми министерствами. Эти кондиции в отличие от временных, разрабатываемых разведочной организацией на основании предварительных данных, действуют до полной отработки месторождения. Подсчеты запасов по материалам детальной разведки выполняются в соответствии с кондициями.

ОСОБЕННОСТИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчитываются валовые запасы каолинов с ориентировочным распределением по сортам в процентах. Наиболее применимым для подсчета запасов каолинов считается метод геологических блоков с учетом особенностей распределения мощностей вскрыши и полезной толщи, характера подстилающих пород и качества сырья.

Объединение в одном блоке площадей с различной степенью изученности (разной плотностью сети) неприемлемо. Поскольку большинство месторождений каолинов относится ко II группе классификации ГКЗ, предложенной в 1961 г., вычисленная статистически сортность тем больше достоверна, чем больше точек наблюдения (выработок) включено в подсчет. Нежелательно поэтому на месторождениях элювиальных каолинов выделять мелкие блоки с количеством выработок менее 12—15 на однородных и менее 20—25 на неоднородных материнских породах. Для переотложенных каолинов ввиду их относительно небольшой мощности лучше придерживаться последних цифр.

Сортовой состав каолиновых залежей является важнейшим показателем, поэтому изучению его должно быть уделено большое внимание. Минимальную длину сортового интервала следует заблаговременно согласовать с промышленностью и обосновать соответствующими расчетами при утверждении кондиций. Недопустимо положение, при котором минимальный сортовой интервал принимается, исходя из возможности отработки предлагаемыми промышленностью механизмами.

Сортовой состав отображается на отдельных планах в виде круговых диаграмм у каждой выработки, а также в виде специальных колонок, помещаемых на геологических разрезах под каждой выработкой.

Для каолинов, подвергающихся обогащению, по каждой выработке, кроме сортового состава, подсчитывается остаток на сите 0056 и выход каолинового концентрата, а для щелочных каолинов — содержание щелочей в песчаной части. Оба эти показателя должны быть согласованы с промышленностью и утверждены в составе кондиций.

При наличии в разрезе месторождения каолинов различных зональных и генетических типов (собственно каолинов и щелочных или элювиальных и переотложенных) запасы их подсчитываются отдельно для каждого типа, если только каждый из них достаточно четко геометризуется и может быть оконтурен разведочными выработками. Особое внимание следует обратить на выделение геологических блоков. В первую очередь рекомендуется выделять блоки того типа каолинов, который имеет менее выдержанный характер залегания, пристраивая остальные блоки к выделенным по этому признаку.

Отнесение запасов каждого типа к той или иной категории производится в соответствии со степенью изученности согласно инструкции ГКЗ. В остальных деталях подсчет запасов каолинов не отличается от подсчета других видов полезных ископаемых (Борзунов, 1965, Смирнов и др., 1960).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темпы промышленного развития предопределяют рост потребностей различных отраслей производства в сыром и особенно обогащенном каолине.

В 1970 г. промышленностью страны было переработано 1069 тыс. т обогащенного каолина, в 1975 г. планируется освоить 2640 тыс. т, в 1980 г. потребление обогащенного каолина должно возрасти до 3520 тыс. т. Расширяется круг потребителей, наметилась тенденция к более равномерному географическому распределению предприятий, использующих каолин.

Все это приводит к необходимости создания в стране продуманной и развитой системы добычи и переработки каолинов, а также снабжения ими промышленных предприятий.

По-видимому, сущность решения проблемы полного как количественного, так и качественного обеспечения промышленности каолином заключается прежде всего в том, чтобы на территории укрупненных экономических районов, обладающих положительными геологическими предпосылками, выявить, разведать и передать в эксплуатацию крупные залежи каолинов, на базе которых целесообразно было бы возводить новые и расширять существующие горнообогатительные комбинаты.

Подобные предприятия должны явиться в пределах отдельных экономических районов или группы экономических районов централизованными базами снабжения всех отраслей промышленности, потребляющих каолин, сырьем требуемой сортности. Некоторые месторождения уникальных по свойствам каолинов даже при сравнительно небольших запасах могут быть закреплены за отдельными предприятиями или отдельными отраслями промышленности.

Решение важной и сложной народнохозяйственной проблемы зависит не только от усилий геологической службы, но и технологов, которые должны разработать и ввести в действие эффективные и экономичные унифицированные методы обогащения и отбеливания каолина-сырца, горняков, призванных найти наиболее рациональные методы отработки каолиновых месторождений с раздельной выемкой сортов, а также экономистов, подсчеты которых должны обеспечить наиболее целесообразное использование средств, выделенных на геолого-поисковые и геологоразведочные работы.

Если обратиться к чисто геологическим аспектам каолиновой проблемы, то прежде всего следует отметить, что отдельные регионы СССР, благодаря особенностям своего геологического развития, отличаются друг от друга как масштабами каолиноносности, так и преобладанием каолинов определенного генетического типа (рис. 68).

Наряду с регионами, для которых характерно широкое развитие каолинового элювиального покрова (Украина, Южный Урал, Мугоджары, Северный Казахстан), наблюдаются обширные территории, характеризующиеся более слабой продуктивностью кор выветривания, ввиду чего на первое место в качестве промышленного источника каолинового материала выдвигаются континентальные каолинсодержащие

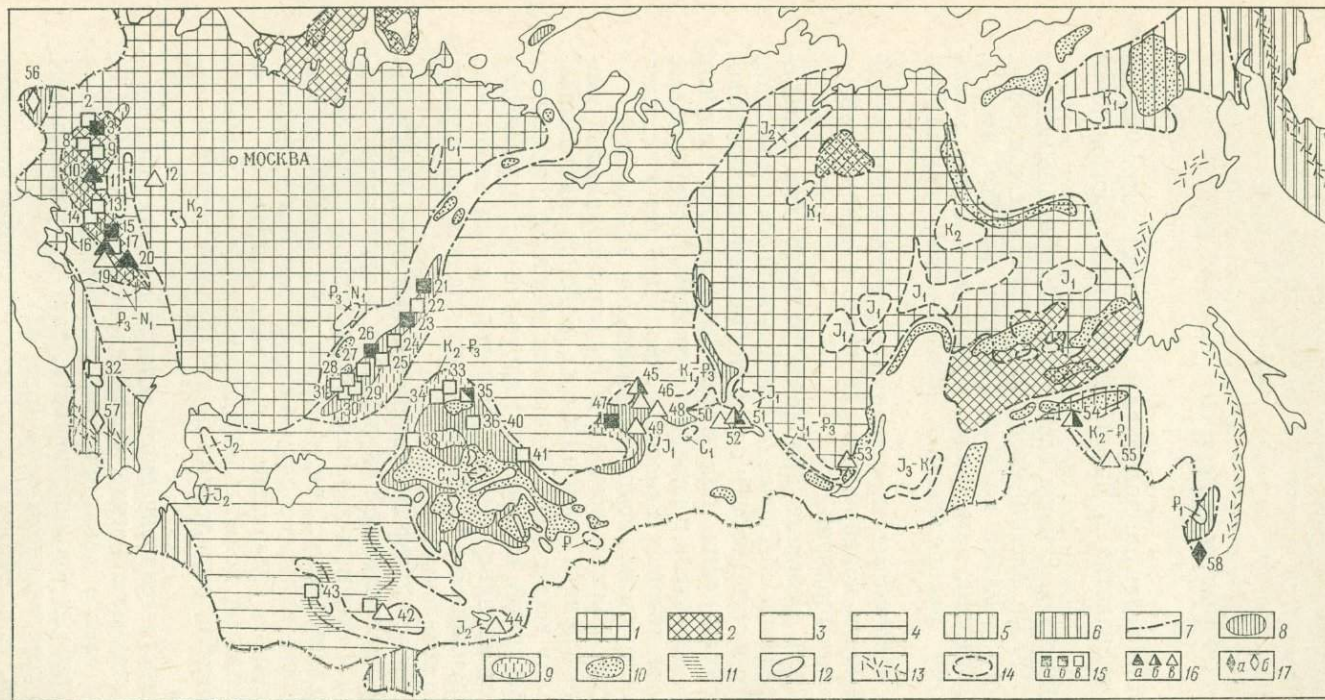


Рис. 68. Прогнозная схема каолиноносности территории СССР

1 — платформы; 2 — области выхода кристаллического фундамента на поверхность в пределах платформы; 3 — складчатые области; 4 — койлогенные покровы; 5 — срединные массивы; 6 — геосинклинальные области; 7 — границы основных структурных элементов; 8 — пенеплены с площадным развитием кор выветривания (перспективные на остаточные и в меньшей степени на переотложенные каолины); 9 — подобные пенеплены, в значительной части скрытые под осадочным покровом (перспективные на остаточные и переотложенные каолины); 10 — пенеплены с мелкими изолированными участками кор выветривания (малоперспективные); 11 — пенеплены деформированные, погребенные (ограниченно перспективные); 12 — области отсутствия продуктивных кор выветривания в приповерхностном залегании; 13 — поля развития кислых вулканических и субвулканических образований (перспективные на гидротермальные каолины и фарфоровый камень); 14 — положение продуктивных осадочных горизонтов, перспективных на переотложенные каолины и огнеупорные глины. Наиболее значительные месторождения: 15 — элювиальных каолинов; 16 — переотложенных каолинов; 17 — гидротермальных каолинов и фарфорового камня (а — эксплуатиремые; б — подготовленные к эксплуатации, с — разведанные). Месторождения: 1 — Шаберовское; 2 — Дермановское; 3 — Дубровское; 4 — Майдан-Вильское; 5 — Буртыньское; 6 — Куинское; 7 — Судимонское; 8 — Турбовское; 9 — Глуховское; 10 — Новоселицкое; 11 — Каменское; 12 — Глуховское; 13 — Новогупаловское; 14 — Акимовское; 15 — Просняновское; 16 — Положское; 17 — Мануйльское; 18 — Затинанское; 19 — Владимировское; 20 — Белая Балка; 21 — Невьянское; 22 — Сысертское; 23 — Кыштымское; 24 — Полютаевское; 25 — Чекмакульское; 26 — Еленинское; 27 — Теренсайское; 28 — Домбаровское; 29 — Союзное; 30 — Уимшильское; 31 — Архангельское; 32 — Джвариское; 33 — Белогорское; 34 — Сухоравовское; 35 — Алексеевское; 36 — Аккуль; 37 — Трудовое; 38 — Бархансайское; 39 — Косчеку; 40 — Кара-Джигит; 41 — Майканинское; 42 — Ангренское; 43 — Карнабское; 44 — Согутинское; 45 — Туганское; 46 — Усманское; 47 — Евсинское; 48 — Антибесское; 49 — Ижморское; 50 — Балайское; 51 — Авотинское; 52 — Компановское; 53 — Каменское; 54 — Чалганское; 55 — Святогорское; 56 — Берегоровское; 57 — Чардахлинское; 58 — Гусевское

отложения мезозоя и кайнозоя (Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток).

Область альпийского орогенеза (Карпаты, Кавказ, Сихотэ-Алинь) и внешняя зона Тихоокеанской геосинклинали (Камчатка, Курилы) наиболее благоприятны для формирования гидротермальных каолинов и фарфоровых камней, имеющих ценные керамические свойства.

Многолетний опыт изучения каолиновых месторождений позволил сформулировать ряд критериев, применяя которые можно для каждого конкретного геологического региона составить обоснованное суждение о перспективах выявления каолиновых месторождений того или иного генетического типа.

Месторождения элювиального каолина свойственны: 1) приуроченность к низким пенепленам платформ и областей завершенной складчатости; 2) генетическая связь с мезозойскими и палеогеновыми корами выветривания; 3) преимущественная приуроченность к каолиновой (верхней) зоне профиля выветривания гранитоидов; лейкократовые разности последних при выветривании переходят в наиболее качественные каолины; 4) локализация при контролирующем влиянии тектонических нарушений и зон дробления, возникающих до эпохи каолинизации; 5) максимальная сохранность под покровом молодых континентальных осадков или на площади «отпрепарированного» в новейший этап пенеплена.

Месторождения переотложенных каолинов (и каолинсодержащих песков) формируются: 1) на площади обширных внутриплатформенных прогибов (Сибирь, Дальний Восток), а также в пределах локальных эрозионно-тектонических (Урал, Украина) и тектонических (Средняя Азия) депрессий зоны пенеплена; 2) в непосредственной близости от водосборов с развитой корой выветривания каолинового типа; петрохимические особенности выветривающихся пород сказываются на составе и свойствах осадочных каолинов; 3) в составе континентальных аллювиальных, озерных, аллювиально-озерных и лагунно-дельтовых глинисто-терригенных слабоугленосных и угленосных (буроугольных) отложений верхнего палеозоя, мезозоя и кайнозоя; 4) в условиях мерцающего или относительно устойчивого гидродинамического режима, что приводит к формированию целой гаммы каолинсодержащих осадков: галечников и гравелитов с каолиновым цементом, каолинсодержащих песков и природно отфракционированных каолинов с малой примесью тонкого кварца; 5) длительная транспортировка или неоднократно проявившийся перемыв каолинового материала (без дополнительного поступления полимиктового) приводят к постепенной диспергации глинистых частиц, их структурному разупорядочению, в связи с чем создаются условия для накопления тонкоотмученных глинистых продуктов типа ball clay.

Месторождения каолинов и фарфоровых камней гидротермального генезиса формируются: 1) в областях вулканизма, где широким распространением пользуются эффузивные и субвулканические породы; 2) вдоль тектонических нарушений и зон трещиноватости, секущих эффузивные образования и послуживших подводными каналами для поствулканических термальных растворов, а также избирательно по отдельным высокопористым, обычно туфовым горизонтам эффузивной толщи; 3) путем низкотемпературного метасоматического изменения эффузивных и субвулканических пород кислого состава (липаритов, дацитов, кварцевых порфиров и др.). Перечисленные прогнозно-поисковые критерии будут уточняться.

В настоящее время и в ближайшие десятилетия Украина будет играть ведущую роль в добыче и переработке каолина. Источником каолина на Украине является главным образом древняя кора выветривания гранитоидов. Основные действующие каолиновые предприятия

Украины, за немногими исключениями, обеспечены запасами на амортизационный срок 25—30 лет и, кроме того, располагают перспективными запасами на многие десятки лет. Сортовой состав каолиновых залежей должен уточняться эксплуатационной разведкой и позабойным опробованием. При общем благополучном балансе запасов содержание в недрах каолинов высоких сортов для производства тонкой керамики и бумаги не отвечает потребностям народного хозяйства, а выбор и расположение сырьевых баз каолиновой промышленности во многом является случайным, сложившимся исторически.

Дефицитными являются также запасы галлузитсодержащих каолинов, незаменимых в производстве синтетического каучука, велика потребность в высокоогнеупорных гидраргиллитсодержащих каолинах и в каолинах, пригодных для изготовления синтетической кожи. Задача обеспечения промышленности перечисленными выше видами каолинового сырья является комплексной и может быть решена только совместными усилиями геологов и технологов-обогащителей.

Наибольшими перспективами прироста запасов элювиальных каолинов обладает Северо-Западная и Приднепровская субпровинции, где широко развиты гранитоидные породы, а мощность вскрыши минимальная или умеренная. Элювиальные каолины Центральной субпровинции находятся большей частью на значительных глубинах, а в Приазовской провинции их развитие ограничено последующими размывами, обусловленными относительно более высоким гипсометрическим положением Приазовского блока.

Две последние субпровинции являются перспективными для прироста запасов переотложенных каолинов, приуроченных к озерно-лагунным и аллювиальным отложениям, заполняющим депрессии пене-плена или же окаймляющим приподнятые массивы кристаллических пород (Приазовье).

Второе место по добыче и переработке каолинов занимает Урало-Мугоджарская провинция. Здесь более остро, чем на Украине, ощущается недостаток подготовленных к эксплуатации запасов высококачественных каолинов, удовлетворяющих после обогащения требованиям тонкокерамического и бумажного производства. Решение этой задачи возможно в результате разработки схем обогащения каолинов эксплуатируемых месторождений, обеспечивающих более полное удаление красящих окислов или путем выявления и освоения новых залежей, по качеству каолинов превосходящих известные.

Исходя из общегеологических предпосылок, наибольшие перспективы выявления промышленных залежей высококачественных каолинов следует связывать с областями развития кор выветривания микроклиновых гранитов Восточно-Уральского поднятия и их лейкократовых разностей. В этом отношении обращает на себя внимание центральная часть Мугоджарской каолиноносной субпровинции (Верхне-Иргизский каолиноносный район), где наряду с широким развитием микроклиновых гранитов Адамовского комплекса довольно хорошо сохранились площадные коры выветривания.

Вероятность открытия здесь крупных промышленных залежей элювиальных каолинов высокого качества наибольшая. В пределах Южно-уральской каолиноносной субпровинции наиболее благоприятными предпосылками выявления залежей высококачественных каолинов характеризуется территория Кочкарского каолиноносного района. Перспективы открытия месторождений высококачественных каолинов в пределах Среднеуральской каолиноносной субпровинции весьма ограничены в связи со слабой сохранностью кор выветривания гранитоидов.

Казахстан является третьей по значимости каолиноносной провинцией. Наибольшие перспективы каолиноносности характеризуют западную, северную и восточную окраины Казахской складчатой области

в зоне ее погружения под молодой осадочный покров Обского и Скифско-Туранского койлогенов. Наиболее изучена каолиноносность Северного Казахстана, где на склоне Кокчетавской глыбы выделен значительный, но мало изученный каолиновый район, с которым связаны многочисленные месторождения и проявления элювиальных и переотложенных каолинов. Здесь расположено крупнейшее в СССР Алексеевское месторождение, подготовленное к промышленному освоению.

В ближайшие годы поисково-разведочные работы целесообразно продолжать в пределах Северного Казахстана, а также начать систематические поисковые работы в районах Павлодарского Прииртышья.

Казахстан имеет все предпосылки, чтобы в ближайшие годы стать базой добычи и переработки высококачественного каолинового сырья для промышленности восточных районов СССР.

На территории Сибири и Дальнего Востока до настоящего времени не выявлено промышленных запасов элювиальных каолинов высокого качества.

Наиболее перспективны меловые и палеогеновые отложения юго-западной окраины Обского койлогена, непосредственно прилегающей к склонам складчатого обрамления, прошедшего в прошлом длительный этап пенеппенизации и выветривания. Здесь разведано и подготовлено к освоению Туганское месторождение, предварительно разведаны другие месторождения (Усманское, Антибесское, Ижморское и др.). В Рыбинской впадине разведаны и подготовлены к освоению запасы Кампановского месторождения Балайской группы.

На Дальнем Востоке значительную ценность представляют каолинсодержащие пески Зейско-Буреинской впадины (Чалганское месторождение). По качеству каолиновые концентраты Чалганского месторождения уступают лишь украинским каолинам.

Освоение и эффективное использование комплексного кварц-каолинит-полевошпатового сырья Сибири и Дальнего Востока зависит от промышленного внедрения современных методов обогащения каолинсодержащих песков (и методов отбеливания).

На территории Средней Азии не добываются высококачественные каолины, соответствующие по качеству требованиям тонкокерамической и бумагоделательной промышленности. Наиболее полно изучены элювиальные каолины Ангренового месторождения, которые в связи со сложными горно-тектоническими условиями залегания не эксплуатируются. Переотложенные каолины Ангренового месторождения в связи с низкими показателями качества не могут без привлечения специальных методов обогащения служить сырьем для тонкой керамики и бумаги.

Для создания сырьевой базы каолинов Среднеазиатского экономического района нужно разработать и осуществить проект обогащения ангреновских каолинов с целью получения каолиновых концентратов удовлетворительного качества.

На территории Восточного Узбекистана целесообразно провести широкий комплекс прогнозных и поисковых работ, направленных на выявление промышленных залежей каолинов, не уступающих по качеству ангреновским элювиальным, но залегающих в более благоприятных горно-геологических условиях.

В составе каолиновых месторождений выделен новый тип сырья — микроклинсодержащие (щелочные) каолины. Возникновение щелочных каолинов связано с особенностями процессов выветривания микроклинсодержащих пород. Размыв и переотложение микроклинсодержащих продуктов выветривания привело к формированию переотложенных каолинов и каолинсодержащих песков с примесью микроклина. Выявлено и находится в стадии разведки шесть месторождений этого вида сырья. Состояние наших знаний о каолиновых корах выветривания и переот-

ложенных каолиновых продуктах Украины, Урала, Северного Казахстана, Томской области и Красноярского края позволяет говорить о том, что потребность промышленности в высококачественном микроклиновом материале может быть полностью обеспечена.

При поисках новых перспективных проявлений щелочных каолинов необходимо изучать суммарный и фракционный химический и минеральный состав всех зон профиля выветривания (включая исходные породы) или пластов, слагающих продуктивную осадочную толщу.

Главной задачей является прогнозирование, выявление и разведка новых каолиновых месторождений, особенно восточных районов СССР, и на этой основе достижение более равномерного размещения сырьевых баз каолиновой промышленности.

Важное внимание следует уделять научным изысканиям, наиболее актуальными направлениями которых являются следующие.

1. Перспективная оценка каолиноносности территории Казахстана, Средней Азии, Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока в масштабах 1 : 1 000 000—1 : 500 000.

2. Разработка методики крупномасштабного прогнозирования залежей высококачественных каолинов различных генетических типов и составление прогнозных карт на каолины в масштабах 1 : 200 000—1 : 50 000 для территории Украинского кристаллического массива, Северного Казахстана и Северных Мугоджар.

3. Развитие и совершенствование методики всестороннего исследования вещественного состава каолинов, выявление взаимосвязей, существующих между составом и физико-механическими, керамическими и другими технологическими свойствами каолинов и каолиновых концентратов, как основы для предварительной оценки качества каолинового сырья и путей его применения.

4. Разработка надежного и рентабельного промышленного метода обогащения каолинового сырья, включающего операции по отбеливанию каолинового концентрата, что позволит значительно увеличить выход высоких сортов на всех месторождениях.

Объединенными усилиями работников геологической службы и исследовательских учреждений в СССР за короткий срок будут найдены, разведаны и подготовлены к эксплуатации новые запасы кондиционного каолинового сырья, которые позволят обеспечить промышленные предприятия всех экономических районов необходимым количеством сырого и обогащенного каолина, кварцевого и микроклинового концентрата требуемой сортности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдуллаходжаев А. А., Петров Н. П., Расулов Ш. К. и др. Кора выветривания Узбекистана.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 6, с. 231—240.
- Абрамов В. П., Дембовская Т. И. Новые сведения о мезозойских отложениях северной части Печорской депрессии.— В кн.: Материалы по геолог. и полезн. ископ. северо-востока Европ. части СССР. М., Госгеолтехиздат, 1961, вып. 1, с. 42—48.
- Арипов А. В., Ахмеджанов М. А., Мусин Р. А. Положение древних кор выветривания в Западном и Южном Тянь-Шане.— В кн.: Литология и осадочные полезные ископаемые Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1966, с. 167—173.
- Арманд А. Д., Граве Л. М., Кудлаев А. Л. Поверхности выравнивания и коры выветривания Мурманской области.— В кн.: Основн. проб. геоморф. и стратигр. антропогена Кольского п-ова. Л., «Наука», 1969, с. 112—123.
- Архангельский Н. И. Возраст латеритной коры выветривания на восточном склоне Урала и принципы прогнозирования месторождений древних кор выветривания.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 157—168.
- Архангельский Н. И. Геотектонические основы поисков важнейших полезных ископаемых в мезозойских образованиях восточного склона Урала и Зауралья.— Тр. Ин-та геологии УФАН СССР. Свердловск, 1968, вып. 63, с. 66—75.
- Афанасьев А. П. Минералогия доледниковой коры выветривания Кольского п-ова и приуроченных к ней месторождений вермикулита. М.—Л., «Недра», 1966, 169 с.
- Афанасьева Р. Ф., Ревнивцев В. И. Обогащение полевошпатового сырья. Техническая информация. М., 1966, 30 с.
- Басс Ю. Б., Борисенко С. Т., Кондрачук В. Ю. и др. Древние коры выветривания Украины. Программа и тезисы докладов IX Всесоюзного литологического совещания. М., 1970, с. 11—13.
- Бейтс Р. Л. Геология неметаллических полезных ископаемых М., «Мир», 1965, с. 195—228.
- Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962, 608 с.
- Бергер М. Г. Глинистые минералы полтавской серии, их происхождение и значение для стратиграфии. Диссертация на соискание ученой степени канд. геолого-минер. наук.— Тр. Харьковск. гос. ун-та, 1969, 22 с.
- Бергер М. Г. К характеристике каолинита полтавской серии Днепровско-Донецкой впадины.— «Литология и полезные ископаемые», 1969, № 2, с. 51—61.
- Билибина Т. В. Интрузивные комплексы Мугоджар.— Тр. Ин-та геол. и геохимии УФАН СССР. Свердловск, 1970, вып. 85, с. 3—65.
- Богатырев Б. А. Мезозойская кора выветривания юга-западных отрогов Гиссарского хребта.— В кн.: Геология и минералогия коры выветривания. М., «Наука», 1970, вып. 11, с. 108—126.
- Бойчук М. Д., Гоголь Л. П. Содообразные каолины Приазовья — новый вид сырья для электрокерамической промышленности.— В кн.: Геологическая конференция (Степановские чтения). Артемовск, 1967, с. 20—22.
- Борзунов В. М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья. М., «Недра», 1965, 272 с.
- Ботвинников В. И., Шаманский И. Л. Перспективы промышленного использования формовочных и стекольных песков Западной Сибири.— В кн.: Перспективы освоения ресурсов минер. сырья Зап. Сибири. Новосибирск, 1960, с. 18—34.
- Боуэн В. Палеотемпературный анализ. Пер. с англ. Л., «Недра», 1969, 207 с.
- Бриндл Г. В. Каолиновые, серпентиновые и родственные им минералы.— В кн.: Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Пер. с англ. М., «Мир», 1965, с. 70—163.
- Брукс К. Климаты прошлого. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1952, 358 с.
- Быховер Н. А. О принципах экономической оценки месторождений и эффективности геологоразведочных работ.— «Разведка и охрана недр», 1966, № 6, с. 34—39.
- Вакул Я., Бабурек И. Гидротермальный каолин из Киселки.— В кн.: Древние продуктивные коры выветривания. М., «Наука», 1967, с. 218—225.

- Васильев В. С., Глушков А. М. К вопросу о каолинах Красноярского края.— В кн.: Мат. по геол. и полезн. ископ. Красноярского края. Красноярск, 1970, вып. 7, с. 92—98.
- Викулова М. Ф., Звягин Б. Б. Влияние условий образования глинистых пород на развитие и изменение структурных особенностей глинистых минералов.— «Советская геология», 1965, № 5, с. 24—37.
- Викулова М. Ф., Борисова А. А. Глинистые минералы отложений верхнего мела—неогена разреза Положского месторождения каолиновых глин. (Материалы по палеографии и литологии).— Тр. ВСЕГЕИ, 1967, т. 110, с. 126—150.
- Вишняков С. Г. Кора выветривания на девонских глинах Тихвинского бокситоносного района.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 257—268.
- Власов Г. М., Варнавский В. Г. Палеоген и неоген.— В кн.: Геология СССР, т. XIX, Хабаровский край и Амурская область, часть I. М., «Недра», 1966, 736 с.
- Гинзбург И. И. Каолин и его генезис.— Изв. СПб. Политехн. ин-та, 1912, т. XVII, 286 с.
- Гинзбург И. И. Пеликаниты и каолины Юга и Юго-Запада России.— Изв. СПб. Политехн. ин-та, 1914, т. XXII, вып. 2, с. 315—429.
- Гинзбург И. И. Месторождения глин Подольской губ.— Изв. Геол. ком., 1917, т. 36, № 1, с. 582—597.
- Гинзбург И. И., Рукавишникова И. А. Минералы древней коры выветривания Урала. М., Изд-во АН СССР, 1951, 716 с.
- Гинзбург И. И. Несколько замечаний о верхней зоне коры выветривания.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 374—379.
- Гоголь Л. П., Костенко Ю. А. Первичные каолины Приазовья высококальциевого сырья для электрокерамики.— В кн.: Природные и трудовые ресурсы Левобережной Украины и их использование. Тезисы докладов. Харьков, 1967, вып. 3, с. 38—39.
- Гончаров В. В. Огнеупорные глины Чебаркульского района на Урале.— Тр. Гос. иссл. керам. ин-та. М.—Л., ГОНТИ, 1931, вып. 27, 41 с.
- Горбачев Б. Ф., Васянов Г. П. Геологические критерии прогнозирования и поисков месторождений остаточных и перетолженных каолинов мезозойской коры выветривания Урала.— «Сов. геология», 1970, № 10, с. 96—107.
- Горбачев Б. Ф., Крылов Ю. К. К вопросу о происхождении бокситов Южного Тимана.— «Литология и полезн. ископаемые», 1968, № 2, с. 33—42.
- Грим Р. Е. Минералогия глин. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1959, с. 452.
- Грим Р. Е. Минералогия и практическое использование глин. Пер. с англ. М., «Мир», 1967, 511 с.
- Гуцаки В. А. Кора выветривания Орского Зауралья.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 188—209.
- Гузовский Л. А. Методика и результаты работ по картированию кор выветривания Урала.— В кн.: Коры выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 6, с. 283—288.
- Дзоценидзе Г. С. Древние коры. Возраст и условия образования древних кор выветривания в Грузии.— В кн.: Коры выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 340—350.
- Домбровская Ж. В. Древняя кора выветривания Прибайкалья.— В кн.: Кора выветривания. М., «Наука», 1970, вып. 11, с. 127—138.
- Драбкин И. Б., Пляшкевич Л. Н., Флеров И. Б. Основные закономерности размещения коренных месторождений золота и связь с ними россыпей на Северо-Востоке СССР.— В кн.: Проблемы геологии россыпей СССР. Магадан, 1970, с. 97—105.
- Дриц В. А., Кашаев А. А. Рентгенографическое изучение монокристалла каолинита.— «Кристаллография», 1960, т. 5, № 2, с. 224—227.
- Дубяга К. Г., Кондрачук В. Ю. Украинская каолиновая провинция. Программа и тезисы докладов IX Всесоюзного литологического совещания, М., 1970, с. 59—60.
- Дубянский А. А., Косцова Э. В. Песчано-каолиновая фация в озерско-хованских отложениях на юго-востоке Воронежской области.— Вестник МГУ, Геология, 1967, № 3, с. 51—57.
- Дьяконов Ю. С. Рентгенографическое определение смешаннослойных минералов (гидробиотитов), промежуточных между биотитом и вермикулитом.— «Рентгенография минерального сырья», 1964, № 4, с. 135—143.
- Залманзон Э. С. Определение форм железа в осадочных породах.— «Литология и полезные ископаемые», 1966, № 3, 138 с.
- Звягин Б. Б. Электронографическое определение структуры каолинита.— «Кристаллография», 1960, т. 5, № 1, с. 40—50.
- Звягин Б. Б. Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. М., «Наука», 1964, 282 с.
- Звягин Б. Б., Шеглов А. Д. Накрит из флюоритового месторождения Западного Забайкалья и его структурные особенности по данным электронографии.— Докл. АН СССР, 1962, т. 142, № 1, с. 185—188.

Звягин Б. Б., Берхин С. И., Горшков А. И. Структурные особенности галлуазита по данным дифракции рентгеновских лучей и электронов.— «Рентгенография минерального сырья». М., «Недра», 1966, № 5, с. 69—93.

Земятченский П. А. Каолинитовые образования Южной России.— Тр. Об-ва естествоисп., отд. геологии и минералогии, 1896, т. XXI, вып. 2, 324 с.

Земятченский П. А. Глины СССР. Общая часть.— Тр. Петрографич. ин-та АН СССР. М.—Л., 1935, 359 с.

Иванья Л. А., Сухарина А. А. Мезозойско-кайнозойские коры выветривания юго-востока Западной Сибири и их перспективы на бокситы.— Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 66, с. 92—99.

Иванов Ю. К., Русько Ю. А., Теодорович Ю. Н. Минералогическая характеристика коры выветривания района Глуховецкого месторождения первичных каолинов.— В кн.: Кора выветривания на территории УССР, ч. 2. Киев, «Наукова думка», 1971, с. 102—123.

Кайялайнен В. И. О древней коре выветривания в бассейне р. Омолой (Яно-Индигорская низменность).— В кн.: Кора выветривания. М., «Наука», 1968, вып. 10, с. 268—270.

Казаринов В. П., Казанский Ю. П. Формации коры выветривания.— В кн.: Выветривание и литогенез. М., «Недра», 1969, с. 199—211.

Калюжный В. А. Погребенная кора выветривания диабазов и туффигов в эффузивно-осадочном горизонте на Южном Тимане и ее значение в накоплении железных руд.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1960, вып. 3, с. 246—255.

Карякин Л. И. Минералогический состав вторичного каолина Новоселицкого месторождения (УССР).— В кн.: Исслед. и использ. глин. Львов, 1958, с. 558—567.

Келлер В. Д. Основы химического выветривания.— В кн.: Геохимия литогенеза. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1963, с. 85—195.

Келлерман В. В., Цурюпа И. Г. К вопросу о прочности связи железистых пленок с минералами почвы.— «Почвоведение», 1962, № 1, с. 74—83.

Кетрис М. П., Львов Б. К. Петрографические особенности и классификация верхнепалеозойских гранитоидов Урала.— В кн.: Вопросы магматизма и метаморфизма. Изд-во Ленинградского ун-та, 1968, т. 3, с. 28—61.

Киселев Л. И. О возрасте древней коры выветривания в Мугоджарах.— Вестник АН КазССР, 1963, № 7 (220), с. 78—84.

Клер М. О. Огнеупорные глины Урала.— Тр. Ин-та прикл. минералогии, 1927, вып. 33, 123 с.

Ключников М. Н. Распределение огнеупорных глин на территории Украинской ССР.— Тр. Украинского геол. управления, 1940, т. 1, с. 30—40.

Клячич В. В., Габдулхаев Р. Л. Технология обогащения каолинов Алексеевского месторождения.— «Стекло и керамика», 1967, № 10, с. 36—39.

Козырев В. В. Высококачественное молотое полевошпатовое сырье для промышленности восточных районов страны.— «Стекло и керамика», 1965, № 4, с. 12—14.

Козырев В. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полевошпатового сырья.— Тр. Ин-та Гипренинеметаллоруд, Л. Изд-во литературы по строительству, 1970, вып. 4, 252 с.

Колосов Д. М. Древняя кора выветривания в Северо-Восточной Якутии.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1952, № 5, с. 23—25.

Комская М. С., Яцунова С. Е. Повышение сортности каолина методом кислотной обработки.— «Стекло и керамика», 1969, № 8, с. 38—40.

Кондрачук В. Ю., Сонкин Л. С. Кора выветривания Глуховецкого района каолиновых месторождений.— В кн.: Кора выветривания на территории УССР, ч. 2. Киев, «Наукова думка», 1971, с. 123—134.

Коннов Л. П. Латериты и латеритно-осадочные бокситы Средней Азии. Докл. сов. геол. на XXII сессии Международного геол. конгресса.— В кн.: Латериты. М., «Недра», 1964, с. 56—68.

Коссовская А. Г., Дриц В. А., Александрова В. А. К истории триоктаэдрических слюд в осадочных породах.— «Литология и полезные ископаемые», 1963, № 2, с. 178—196.

Крамаренко В. П. Каолиновые кварцево-полевошпатовые пески средней части Украинского щита.— В кн.: Геология и полезные ископаемые юга Украины. Днепрпетровск, «Проминь», 1968, с. 33—34.

Крамаренко В. П. Каолиновая кора выветривания гранитоидных пород Украинского кристаллического щита.— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 46—62.

Кривцов А. И. Мезозойские и кайнозойские бокситы СССР, их генезис и промышленное значение, ч. 2. Л., «Недра», 1969, 327 с.

Криштофович А. Н. Очерк третичных отложений некоторых районов СССР в связи с их угленосностью. Избранные труды, т. 1, Теоретические работы. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1959, с. 426—447.

Кузнецов В. Г. Некоторые вопросы петрографии древней коры выветривания Зирабулак—Зиятдинских гор (Западный Узбекистан).— Тр. МИНХиГП им. Губкина, 1959, вып. 25, с. 314—327.

- Кузнецов К. М., Шаманский И. Л. Промышленно-генетические типы нетрудных ископаемых в мезозойских и кайнозойских отложениях Западно-Сибирской низменности, их размещение и использование.—Тр. ГИН (г. Казань), 1971, вып. 32, с. 3—29.
- Кузовлев А. К., Игнатенкова Н. И. Комплексное обогащение каолин-кварц-полевошпатового сырья.—«Стекло и керамика», 1968, № 3, с. 30—31.
- Кузовлев А. К., Игнатенкова Н. И., Нурматова Л. Н. Обогащение ангрениских каолинов для керамического производства.—«Стекло и керамика», 1967, № 4, с. 29—33.
- Куковский Е. Г. Некоторые соображения о кристаллохимических особенностях выветривающихся минералов.—В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 6, с. 67—70.
- Куковский Е. Г. Замещение каолинита гидрагиллитом в Новоселицком месторождении каолина на Украине.—Докл. к собранию международной комиссии по изучению глин. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 69—76.
- Куликов С. И. Современное и древнее выветривание аргиллитов Донбасса.—В кн.: Древние продуктивные коры выветривания. М., «Наука», 1967, с. 131—138.
- Куренкина И. Е. Кора выветривания протерозойских кварц-серпичитовых углестых сланцев Гостищевского месторождения КМА.—В кн.: Кора выветривания. М., «Наука», 1967, вып. 8, с. 40—49.
- Лавров В. В. Континентальный палеоген и неоген Арало-Сибирских равнин. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959, 231 с.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрография. Л., ГНТИ, 1931, 556 с.
- Лекарева Т. С., Дмитриева Л. М., Холодок Н. И. Фарфор высокой белизны и просвечиваемости на основе гусевского камня.—«Стекло и керамика», 1966, № 4, с. 27—30.
- Ли П. Ф., Певзнер В. С., Сафонова О. Ф. Геология и металлогения кор выветривания Зауралья.—Тр. Сиб. геол.-геофиз. и минеральн. сырья, 1967, вып. 66, с. 80—85.
- Литвиненко А. У., Эльянов М. Д. Поверхность фундамента и мощность коры выветривания кристаллических пород Украинского щита. Вопросы геологии и минералогии рудных месторождений, М., «Недра», 1967, с. 110—121.
- Логачев Н. А. Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М., «Наука», 1964, с. 5—26.
- Лучицкий В. И. Исследование каолиновых месторождений Югзаппромуразведкой и Укргеолкомом с 1921 по 1924 г.—Изв. Укр. ком., 1926, вып. 9.
- Лучицкий В. И. Каолиновые месторождения Украины и их современное использование.—«Минер. сырье», 1928, № 2, с. 83—96.
- Лучицкий В. И. Каолины Украины.—Тр. Ин-та прикладной минералогии. М., Изд-во Научно-техн. упр. ВСНХ, 1928, вып. 41, 244 с.
- Львов Б. К. Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Кочкарского района (Южный Урал). Л., Изд-во ЛГУ, 1965, 164 с.
- Магидович В. И. Промышленные типы месторождений высококалийного керамического сырья.—«Разведка и охрана недр», 1963, № 12, с. 9—14.
- Магидович В. И. Полевошпатовое сырье, его генетические типы и принципы оценки. М., «Наука», 1964, 144 с.
- Магидович В. И. Проблема щелочных каолинов. Итоги науки, серия «Геология». Неметаллические полезные ископаемые. М., «Недра», 1971, с. 10—38.
- Магидович В. И., Ревнивцев В. И. Использование в изоляторной промышленности дезинтегрированных полевошпатосодержащих пород. М., Изд-во ВНИИЭМ, 1966, 50 с.
- Магидович В. И., Макаров М. М. О комплексной оценке сырья при разведке месторождений каолина.—«Разведка и охрана недр», 1967, № 2, с. 11—15.
- Магидович В. И., Сивоконь В. И. Новое месторождение полевошпато-каолинового сырья на Украине.—«Стекло и керамика», 1968, № 3, с. 28—30.
- Магидович В. И., Рухлова В. В., Лавров Д. А. и др. Каолины Западной Украины как источник получения высококалийного полевошпатового сырья. М., «Энергия», 1969, с. 49—56.
- Магидович В. И., Сивоконь В. И. Геологическое положение и методика изучения месторождения щелочных каолинов.—«Разведка и охрана недр», 1970, № 8, с. 4—9.
- Машрыков К. К., Кулиев К. Б. Юрские глины Туркмении и перспективы их использования.—Тр. V Пленума Всес. комис. по исслед. и использ. глин. Ашхабад, 1971, с. 182—189.
- Мельников И. И. Каолиновые месторождения Украины по новейшим геологоразведочным данным.—Тр. Ин-та прикладной минерализации, 1935, вып. 70, 35 с.
- Мельников И. И. Состояние и перспективы развития сырьевой базы каолина СССР. М., Изд-во МПСМ СССР, 1969, 100 с.
- Мещеряков Ю. А., Горелов С. К. Возраст поверхностей выравнивания и кор выветривания на территории СССР. Программа и тезисы докладов IX Всесоюзного литологического совещания. М., 1970, с. 20—21.

- Мигута А. К. Древняя кора выветривания гродековских гранитов в Южном Приморье.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 333—339.
- Милло Ж. Геология глин. Пер. с франц., Л., «Недра», 1968, 360 с. 108—120.
- Минко Г. М., Глушков А. М. Перспективы Балай-Уярской группы месторождений каолина, огнеупорных и тугоплавких глин как базы керамического сырья.— В кн.: Перспективы развития керамической промышленности Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1964, с. 56—63.
- Могулева Т. Т. Особенности геологии и литологии юрских отложений в бассейне р. Ыгыаты.— Мат. по геол. и полезн. ископ. Якутской АССР. Якутск, 1962, вып. 8, с. 90—98.
- Набоков Н. П., Суханов А. Е., Наумов А. И. Алексеевское месторождение — новая сырьевая база высококачественного каолина.— «Стекло и керамика», 1965, № 9, с. 8—10.
- Набоко С. И. Фации гидротермальных глин и аргиллитизированных пород среди современных гидротермально измененных пород.— В кн.: Каолиновые месторож. и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 83—91.
- Наковник Н. И. Вторичные кварциты СССР. М., «Недра», 1968, 335 с.
- Наумов А. Д. Развитие рельефа и палеографические условия образования экзогенных месторождений полезных ископаемых в Орском Зауралье. Вопр. геол. Южного Урала и Поволжья. Изд-во Саратовск. ун-та, 1964, вып. 2, ч. II, с. 64—80.
- Наумов А. И. Геологическое строение и запасы Алексеевского месторождения каолинов.— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 34—41.
- Неметаллические ископаемые СССР, т. 4. Глины и каолин. Под ред. Д. С. Белянкина. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1941, 471 с.
- Никитина А. П. К вопросу о формировании и типах кор выветривания на породах кристаллического фундамента КМА.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 6, с. 102—124.
- Олли А. И. К вопросу о широтной тектонической поясности Урала.— «Сов. геология», 1966, № 7, с. 36—44.
- Осипов Ю. Б. Исследование глинистых суспензий паст и осадков в магнитном поле. Изд-во Московского ун-та, 1968, с. 140—146.
- Пекки А. С. Генетические типы полевошатового сырья Карелии.— В кн.: Вопросы геологии и закономерности размещения полезных ископаемых Карелии. Петрозаводск, 1966, с. 38—60.
- Петров В. П. Минерало-петрографическое описание каолинов Урала.— Зап. Всес. минер. об-ва, 1943, ч. 72, № 2, с. 139—148.
- Петров В. П. Геолого-минералогические исследования уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще.— Тр. ИГН АН СССР, 1948, вып. 95, 199 с.
- Петров В. П. Геологическое значение изменчивости и устойчивости глинистых минералов.— В кн.: Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Петров В. П. Некоторые итоги изучения древних кор выветривания в СССР. М., «Недра», 1965, с. 64—90.
- Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания. М., «Недра», 1967, 343 с.
- Петров В. П. Каолиновые месторождения СССР.— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1958, с. 7—12.
- Петров В. П., Токмаков П. П. Последовательность выветривания магнетитово-железистых слюд и влияние геохимических условий на выветривание.— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 67—75.
- Петров Н. П. О происхождении каолинов Ангрена.— В кн.: Геол. и полезн. ископ. Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1964, с. 91—100.
- Петров Н. П., Рубанов Н. В. Каолины Ангрена. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960, 150 с.
- Петров Н. П., Абдуллаходжаев А. А. Состав, строение и пути использования каолинов Ангреного месторождения. Материалы IX пленума Всес. комисс. по изучен. и использ. глин. Минск, 1971, с. 87—90.
- Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. М., «Недра», 1968, 331 с.
- Польнов Б. Б. Кора выветривания. Л., Изд-во АН СССР, 1934, 243 с.
- Потапенко С. В. Физико-химическое изучение каолинов и глин. Каолины и глины УССР.— Тр. Укр. геолог. упр., 1940, т. 1, с. 50—60.
- Потапенко С. В., Вейхер А. А. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Глины и каолины. Госгеолтехиздат, 1962, вып. 54, 96 с.
- Предтеченский П. П. Климаты геологического прошлого и схема зависимости их от изменений солнечной активности.— Тр. Главн. географич. обсерв., 1948, вып. 8 (70).
- Пронин А. А. О геотектонической основе металлогении Урала.— Тр. Горногеолог. ин-та УФАН СССР, 1962, вып. 58, с. 3—17.

- Рабкова З. К. Ангренское каолино-угольное месторождение.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, вып. 6, с. 181—186.
- Разумова В. Н. Кора выветривания северо-западной части Казахского нагорья.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1956, вып. 2, с. 272—298.
- Разумова В. Н., Херасков Н. П. Геологические типы кор выветривания и закономерности их размещения.— Тр. ГИН АН СССР, 1963, вып. 77, 139 с.
- Райс Г. Глины, их залегание, свойства и применение. Л., Госхимиздат, 1932, 528 с.
- Расулов Ш. К. О древней коре выветривания Карнабского интрузивного массива (Зиаэтинские горы, Западный Узбекистан).— В кн.: Геол. и полезн. ископ. Узбекистана. Ташкент, «Наука», 1964, с. 130—137.
- Расулов Ш. К., Юлдашева М. Х. О древней коре выветривания Кетменчинского гнейс-гранитоидного массива (Зирабулакские горы, Западный Узбекистан).— «Узбекский геол. журнал», 1967, № 1, с. 42—47.
- Рахимова Н. С. Каолинитовые глины Центральных и Юго-Западных Кызылкумов.— «Узбекистан геол. журнал», 1959, № 2, с. 79—85.
- Руксби Х. Р. Окислы и гидроокислы алюминия и железа.— В кн.: Рентгеновские методы определения и кристаллическое строение минералов глин. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1955, с. 405—451.
- Русько Ю. А. Минералогия полшківського каоліну.— В кн.: Питання геохімії, мінералогії і петрографії. Изд-во АН СССР, 1963, с. 35—60.
- Русько Ю. А. Кристалличность каолинита украинских месторождений.— В кн.: Морфология, свойства и генезис минералов. Киев, «Наукова думка», 1965, с. 56—68.
- Русько Ю. А., Комская М. С. Зависимость структурно-механических свойств паст каолинов от морфологии каолинита.— В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. М., Изд-во АН СССР, 1966, с. 166—174.
- Русько Ю. А., Иванов Ю. К. Микроморфология каолинита различной степени кристалличности. Минер. сб. Львов. ун-та, 1970, № 24, вып. 4, с. 400—411.
- Саломон А. П. Размещение фаций и полезных ископаемых в связи с палеотектоникой (на примере северо-западной части Подмосковского бассейна).— Мат. по геол. и полезн. ископ. северо-запада РСФСР. Л., «Недра», 1966, вып. 5, с. 104—116.
- Самойлов В. Ф., Мельников И. И. Оценка месторождений при поисках и разведке. Каолин. М., Госгеолиздат, 1951, 234 с.
- Сапожников Д. Г. О структурно-тектонической приуроченности древних кор выветривания.— В кн.: Кора выветривания, 1968, вып. 10, с. 3—17.
- Сеидов А. Г., Алиев И. Д., Хепиров М. Б. Минералогические и физико-химические исследования каолинов Азербайджана.— Изв. АН АзССР, «Науки о Земле», 1967, № 5, с. 97—107.
- Сивоконь В. И. Щелочные каолины Просьяновского месторождения — источник высококалийного полевошпатового сырья.— «Стекло и керамика», 1965, № 8, с. 25—27.
- Сивоконь В. И. Первичные каолины Вершинской залежи.— «Стекло и керамика», 1966, № 2, с. 12—13.
- Сивоконь В. И. Методика разведки первичных каолинов.— «Разведка и охрана недр», 1966, № 11, с. 12—15.
- Сивоконь В. И. Новые данные по первичным каолинам Просьяновского месторождения.— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 42—45.
- Сивоконь В. И. Изучение и оценка месторождений первичных каолинов. М., «Недра», 1969, 136 с.
- Сивоконь В. И. Особенности первичных каолинов Просьяновской группы месторождений.— В кн.: Кора выветривания на территории УССР, кн. 2. Киев, «Наукова думка», 1971, с. 135—139.
- Сигов А. П. Перераспределение гидрографической сети восточного склона Среднего Урала.— В кн.: Материалы по геоморфологии Урала. М., Госгеолиздат, 1948, с. 192—197.
- Сигов А. П. Кора выветривания Урала.— «Разведка и охрана недр», 1957, № 7, с. 11—19.
- Сигов А. П. К вопросу о выделении геологических и металлогенических формаций в мезозое и кайнозое Урала.— Мат. по геол. и полезн. ископ. Урала. М., Госгеолтехиздат, 1962, вып. 10, 140 с.
- Сигов А. П. Вопросы металлогении кор выветривания Урала в геоморфологическом освещении.— В кн.: Кора выветривания. М., Изд-во АН СССР, 1963, вып. 5, с. 169—187.
- Сигов А. П., Гузовский Л. А., Шуб В. С. Мезозойские и кайнозойские коры выветривания Урала и коррелятивные им отложения.— Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 66, с. 65—74.
- Сигов А. П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М., «Недра», 1969, 295 с.
- Сигов А. П., Шуб В. С., Гузовский Л. А. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых. Изд-во Саратовск. ун-та, 1968, 251 с.
- Сидоренко А. В. Долендикова кора выветривания Кольского полуострова. М., Изд-во АН СССР, 1958, 108 с.

- Сидоров А. К. Кора выветривания гранитоидов как возможный источник керамического сырья.— В кн.: Кора выветривания Урала. Саратов, 1969, с. 194—195.
- Синицын В. М. Древние климаты Евразии, ч. 1. Палеоген и неоген. Л., Изд-во ЛГУ, 1965, 165 с.
- Синицын В. М. Древние климаты Евразии, ч. 2. Мезозой. Л., Изд-во ЛГУ, 1965, 165 с.
- Смирнов В. И., Прокофьев А. П., Борзунов В. М. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1960, 672 с.
- Соловьев С. П. Распределение магматических горных пород в СССР. М., Госгеолтехиздат, 1952, 216 с.
- Сонкин Л. С., Чайковская Н. И., Возианова Т. Г. Минеральные формы титана в каолинах Глуховецкого месторождения в связи с вопросом повышения качества сырья.— «Геол. журнал», 1971, № 2, с. 48—58.
- Спижарский Т. Н. Геологическое строение СССР, т. II, М., «Недра», 1968, 535 с.
- Степанова Н. В. Основные направления развития каолиновой промышленности СССР на 1971—1980 гг.— Тр. Гипроинметаллоруд, 1967.
- Страхов Н. М. Типы климатической зональности в послепротерозойской истории земли и их значение для геологии.— Изв. АН СССР, серия геол., 1960, № 3, с. 3—25.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. I. М., Изд-во АН СССР, 1960, 211 с.
- Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории земли. М., Госгеолтехиздат, 1963, 535 с.
- Тазахин Н. Н. Стратиграфия и фации юрских отложений Ангаро-Вилуйского прогиба. Материалы по геолог. Восточн. Сибири.— Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, 1961, т. 66, с. 87—105.
- Усков М. Е., Бегунова Г. Г. Некоторые вопросы промышленного использования щелочных каолинов Приазовья.— «Стекло и керамика», 1971, № 6, с. 37—39.
- Усов П. Г., Дубовская Н. С., Петров А. В. Местное нерудное сырье металлургической, силикатной и строительной промышленности Западной Сибири. Томск, Изд-во Томского ун-та, 1964, с. 6—113.
- Уфимцев Г. Ф. Древняя кора выветривания в Центральном Забайкалье.— «Геология и геофизика», 1969, № 6, с. 122—127.
- Файнштейн Г. Х., Виниченко М. Н. Условия формирования и локализации полезных ископаемых, связанных с корами выветривания нижнего мезозоя юга Сибирской платформы.— Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 66, с. 138—141.
- Ферсман А. Е. Геохимия России. Избр. труды, т. II. М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 38—39.
- Финько В. И. Геолого-петрографическая характеристика и генезис огнеупорных глин Зейско-Бурейской депрессии.— Тр. ИГЕМ АН СССР, 1960, вып. 26, 131 с.
- Финько В. И. Сырьевые ресурсы каолиновой промышленности СССР.— Тр. ИГЕМ СССР, 1963, вып. 95, с. 49—55.
- Финько В. И., Коренбаум В. С., Колбин М. Ф. О древних корях выветривания Приморья.— В кн.: Кора выветривания. Изд-во АН СССР, 1963, вып. 6, с. 195—202.
- Финько В. И., Самотоин Н. Д., Чекин С. С. Преобразование микроклина в каолинит при выветривании.— Изв. АН СССР, серия геол., 1972, № 7.
- Фишкин Ю. А., Чемурако В. Я. Кадмий и галлий в минералах и измененных породах Береговского месторождения.— Минералогический сборник. Львов, 1972, № 24, вып. 1, с. 82—88.
- Херасков Н. П. Геологические формации (Опыт определения).— Бюлл. МОИП, отд. геол., 1952, т. 27 (5), с. 31—52.
- Цехомский А. М., Карстенс Д. И. Основные эпохи развития кор выветривания в мезо-кайнозойе на Сибирской платформе и их геологические особенности.— Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 66, с. 120—125.
- Цыкин Р. А. Мезозойские и кайнозойские коры выветривания Красноярского края.— Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 66, с. 112—119.
- Чекин С. С. О каолинах и дезинтегрированных гранитах о-ва Ольхон (Байкал).— В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. М., «Наука», 1968, с. 53—59.
- Чекин С. С., Самотоин Н. Д., Финько В. И. Образование галлуазита при выветривании олигоклаза.— Изв. АН СССР, серия геол., 1972, № 11, с. 98—113.
- Чемеков Ю. Ф. Каолинсодержащие породы Юга Дальнего Востока как возможный источник электротермического алюминия. Мат. по геол. и полез. ископ. Востока СССР.— Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 107, 1964, с. 175—185.
- Червяковский Г. Ф., Таврин И. Ф., Ярош А. Я. и др. Широкие и субширотные структуры Урала.— «Сов. геология», 1966, № 11, с. 35—43.
- Чухров Ф. В. О сухарных глинах.— В кн.: Идеи акад. Д. С. Белянкина в области петрограф. и их дальн. развитие. М., «Наука», 1971, с. 77—88.
- Чухров Ф. В., Звягин Б. Б., Рудницкая Е. С. и др. О природе и генезисе галлуазитов.— Изв. АН СССР, серия геол., 1966, № 5, с. 3—20.

- Шатский Н. С. Парагенезы осадочных и вулканогенных пород и формаций.— Изв. АН СССР, серия геол., 1960, № 5, с. 3—23.
- Шахнович И. Г., Примаченко В. В. Ускоренный метод оценки качества каолина.— «Огнеупоры», 1970, № 9, с. 56—57.
- Шегай Г. И., Бурд Г. И. Химико-минералогический состав и качество первичных каолинов Уймшильского месторождения. Материалы по геол. и полезн. ископ. Зап. Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1966, с. 218—220.
- Шилкин А. Н. Новейшие структурные формы Орского Зауралья.— В кн.: Вопр. геол. Южного Урала и Поволжья. Изд-во Саратовск ун-та, 1964, вып. 2, ч. II, с. 53—63.
- Шутов В. Д., Александрова В. А., Лосиевская С. А. Генетическая интерпретация полиморфизма минералов каолиновой группы в осадочных породах.— В кн.: Физич. методы исслед. минералов осадочных пород. М., «Недра», 1966, с. 109—122.
- Эпштейн С. В. Геологические наблюдения в Челябинско-Троицком районе на восточном склоне Урала.— Тр. Всес. геол.-разв. об-ва, 1932, вып. 187, 52 с.
- Юрчак И. Я. Вопросу обогащения глины и каолинов — больше внимания.— «Стекло и керамика», 1963, № 7, с. 1—3.
- Almeborg J., Bondam J., Høller E. Kaolin Deposits of Denmark. Internat. Geol. Congress Report of the 23 session Czechoslovakia, 1968, Academia, Prague, 1969, p. 75—84.
- Arogyaswamy R. N. P. Prospecting of clay deposits. «Indian Minerals», 1961, 15, N 3, p. 217—219.
- Bates T. F. Geology and mineralogy of the sedimentary kaolins of the southeastern United States. «Clays and clay minerals». (Proc. 12 Nat. Conf.), 1964, p. 177—194.
- Beiley R. T. China-Clay für keramische Zwecke. Keramische Zeitschrift, 1966, 18, N 1, p. 21—24.
- Boesman E., Schoemaker D. Resonance paramagnetique de l'ion Fe^{+++} dans la kaolinite. C. r. Acad. Sci., 1961, t. 252, N 13, p. 1931—1933.
- Bidaut H. Perspectives sur le Kaolin en pays grautigue. «Rev. Federat franc. Soc. sci. natur», 1965, 4, N 15, p. 15—18.
- Brindley G. W. and Robinson K. Randomness in structures of kaolinitic clay minerals. Trans. Faraday Soc., 1946, v. 42B, p. 198—205.
- Brindley G. W. and Robinson K. Structure of kaolinite. Miner. Mag., 1946, v. 27, p. 242—253.
- Brindley G. W. and Nakahira M. Further consideration of the crystal structure of kaolinite. Miner. Mag., 1958, v. 31, N 240, p. 781—786.
- Bristow C. M. Kaolin deposits of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. Internat. Geol. Congress. Report of the 23 session Czechoslovakia, 1968, Academia, Prague, 1969, p. 275—288.
- Brown L. G. Geological aspects of the St. Austell granite. Clay min. bull., 1953, 9, p. 17—21.
- Coetzee C. B. Kaolin deposits of the Republic of South Africa. Internat. Geol. Congress. Report of the 23-th session. Czechoslovakia, 1968, Academia, Prague, 1969, p. 61—67.
- De Kimpe C. et Tardy Y. Etude de l'alteration d'une biotite en kaolinite par spectroscopie infra-rouge. Bul. Gr. Franc. Argiles, 1967, t. 19, N 2, p. 81—85.
- Gastuche M. C., Delvigne J., Fripiat J. J. Alteration chimique des Kaolinites. 5 Congr. int. sci. sol., 2, 1954, p. 439—449.
- Fujii Noriyuki, Okano Takeo, Shimarko Yoshiniko. Kaolin deposits of Japan. Bull. Geol. Surv. Japan, 1968, 19, N 5, p. 317—323.
- Grüner J. W. The crystal structure of Kaolinite. Zeit. f. Krist., 1932, t. 83, p. 75—88.
- Hemley L. Some mineralogical equilibria in the system $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. Amer. G. Sci., 1959, 257, N 4, p. 241—270.
- Herath J. W. Kaolin in Ceylon. Ec. Geol., 1963, 58, N 5, p. 769—773.
- Hezky V. Stratigrafic a petrografic nejdulezitejsch surovin jomne keramiky. Sklar a keramik, 1954, 4, N 12, p. 313—319.
- Hinckley D. N. Variability in «crystallinity» values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Carolina. Clays and clay minerals. Proc. 11 Nat. Conf., 1963, p. 229—235.
- Hofmann V., Haacke H. Ermittlung des Gehaltes an Kaolinit und Glimmer in einen Ton oder Kaolin. Ber. der Deutsch. Keram. Gesellschaft, Bd. 39, Heft, 1962, 1, p. 41—43.
- Holdridge D. A. Ball clays and their properties. Trans. Brit. Ceram. Soc., 1956, 55, N 6, p. 369—440.
- Holdridge D. A. Isomorphous replacement in kaolinite. «The A. T. Green Book», Brit. Ceram. R. A., 1959, 30 p.
- Hunter D. R., Urie I. G. The origin of kaolin deposits Mahlangatsha Mountains, Swasiland. «Econ. Geol.», 1966, 61, N 6, p. 1104—1114.
- Imbrie I., Poldervaart A. Mineral composition calculated from chemical analyses. of sedimentary rocks. J. Sed. Petrol., 1959, v. 29, N 4, p. 588—595.

- Keller W. D. Environmental Aspects of clay minerals. *J. Sed. Petrol.*, 1970, v. 40, N 3, p. 788—814.
- Kerr P. F., Hamilton P. K. Analytical data on reference clay materials. Prelim. report N 7, Reference clay minerals. *Am. Petrol. Inst. Res. Proj.*, 49, Columbic Univ., N. Y., 1950, 161 p.
- Konta I. Csechoslovak raw kaolins and their economically important size fractions. *Interceram.*, 1969, 18, N 4, p. 257—260.
- Köster H. M. Kaoline der Hirshau—Schaittenbacher Abladerunge. *Keram. Zeitschrift*, 1960, 12, N 7, p. 373—375.
- Köster H. M. Mineralogische und technologische Untersuchungen an Industrie-kaolinen. Teil 2, 3. *Ber. D. Keram. Ges. H.* 3, 4, 1964, 41, 185—196, p. 227—235.
- Kuzvart V. M. Kaolinlagerstätten in der Tschoslowakei. «Tonind.—Ztg», 1960, 93, N 10, p. 353—359.
- Kranz G., Wiegmann I., Horte C. H. Zur Methodik mineralanalytischer Untersuchungen bei Serienbestimmungen, zum Beispiel bei der geologischen Erdkundung von Kaolinlagerstätten. «Silikatechnik», 1966, v. 17, N 9, p. 291—293.
- Lippert H. J., Lob F., Meisl S. e. a. Die Kaolinlagerstätten der Bundesrepublik Deutschland. *Internat. Geol. Congress. Report of the 23 session Czechoslovakia*, 1968, Academia, Prague, 1969, p. 85—105.
- Malden P. J. and Meads R. E. Substitution by iron in kaolinite. *Nature (Engl.)*, 1967, v. 215, N 5103, p. 844—846.
- Menert M. J. Le deferrage des matieres premieres ceramiques son influence sur leurs propiétés physicochimiques. *Bull. de la Soc. Franc. de ceramique*, 1957, N 34, p. 125—128.
- Murray H. H. Structural variations of some kaolinites in relation to dehydrated hallosite. *Amer. Mineral.*, 1954, v. 39, N 1—2, p. 97—108.
- Murray H. H. and Lyons S. C. Further correlations of kaolinite crystallinity with chemical and physical properties. *Proc. 8 Nat. Conf. on clays and clay minerals*, 1960, p. 11—17.
- Neumann R. Über die bodenphysikalischen Eigenschaften der mitteleutschen Kaoline und ihre Beziehungen zu den Ursprungsgesteinen. *Ber. D. Keram. Ges.*, 1954, 31, H. 5, p. 156—167.
- Newham R. E. A refinement of the dickite structure and some remarks on polymorphism in kaolin minerals. *Min. Mag.*, 1961, v. 32, N 252, p. 683—704.
- Nicolas J. Contribution a l'étude géologique et mineralogique de quelques gisement de kaolins bretons. *Thèse sci. Paris*, 1956, p. 254.
- Pattiaratchi D. B. Kaolin Deposits of Ceylon. *Internat. Geol. Congress Report of 23 session Czechoslovakia*, 1968, Academia, Prague, 1969, p. 17—24.
- Pauling L. The structure of the chlorites. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.*, 1930, v. 16, p. 578—582.
- Robertson R. H., Brindley G. W. and Mackenzie R. C. Mineralogy of kaolin clays from Pugu, Tanganyka. *Amer. Miner.* 1954, v. 39, p. 118—139.
- Rösler H. Beiträge zur Kenntniss einiguer Kaolinlagerstätten. *N. Jahrb. Min. Bull.*, Bd., 1902, p. 231—239.
- Sicora W., Stoch L., Jablonska B. On the occurrence of iron in kaolins of Lower Silesia. *Bull. Acad. polon. sci. Sér. sci. geol. géogr.*, 1968, 16, N 3—4, p. 153—158.
- Stoch L. The effect of iron content upon the whiteness of kaolins from Lower Silesia. *Bull. Acad. polon. sci. Sér. sci. geol. géogr.*, 1968, 16, N 3—4, p. 153—158.
- Stoicovici E., Mădăras A., Chioreanu V. e. a. Contributii la cunoasterea caolinului de genă hidrotermala din regiunea Maramures. *Studia Univ. Bades—Bolyvai. Ser. geol.—geogr.*, 1967, 12, N 2, p. 19—35.
- Störr M. Zur mineralogie der geschlammten Industrie—kaoline der DDR. *Sprechsaal Keram., Glas, Email, Silikate*, 1966, 99, N 23, p. 1035—1043.
- Worrall W. E. and Cooper A. E. Ionic composition of a disordered kaolinite. *Clay Minerals*, 1966, v. 6, N 4, p. 341—344.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Терминология и классификация. <i>Б. Ф. Горбачев</i>	7
Обзор каолиноносности важнейших регионов СССР	13
Украинская каолиноносная провинция. <i>В. И. Сивоконь</i>	13
Генетические типы каолиновых месторождений Украины	15
Важнейшие геологические закономерности формирования и локализации каолиновых месторождений	16
Горнотехнические методы разработки и схема обогащения каолинов	19
Районирование и характеристика главнейших месторождений	22
Северо-Западная субпровинция	23
Центральная субпровинция	33
Приднепровская субпровинция	37
Приазовская субпровинция	46
Закарпатский каолиноносный район	53
Глуховский каолиноносный район	55
Перспективы дальнейших исследований	57
Дополнительные сведения о каолиноносности других районов Европейской части СССР. <i>Б. Ф. Горбачев, Ю. А. Гуляницкий, А. Я. Зингерман</i>	58
Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция. <i>Г. П. Васянов, Б. Ф. Горбачев</i>	65
Генетические типы месторождений каолинов	65
Основные геологические критерии и предпосылки локализации месторождений	67
Районирование и характеристика главнейших месторождений каолинов	69
Основные направления дальнейшего изучения каолинов Урала	93
Казахская каолиноносная территория. <i>М. Ф. Будило, А. И. Наумов, Б. Ф. Горбачев</i>	93
Среднеазиатская каолиноносная территория. <i>Б. Ф. Горбачев</i>	107
Западно-Сибирская каолиноносная территория. <i>И. Б. Санданов, Б. Ф. Горбачев</i>	116
Восточно-Сибирская каолиноносная территория. <i>Э. В. Вареник, В. С. Васильев, Б. Ф. Горбачев</i>	128
Дальневосточная каолиноносная территория. <i>Г. П. Васянов</i>	138
Щелочные каолины СССР. <i>В. И. Магидович, В. И. Сивоконь</i>	147
Классификация щелочных каолинов и особенности их состава	147
Исследование сырья, методы обогащения, требования к качеству концентратов	150
Характеристика важнейших месторождений СССР	153
Перспективы поисков	156
Особенности геологоразведочных и аналитических работ	162
Закономерности формирования и локализации каолиновых месторождений. <i>Б. Ф. Горбачев</i>	164
Геологические критерии прогнозирования и поисков месторождений элювиальных и переклаженных каолинов	164
Палеоклиматические критерии	165
Стратиграфические критерии	166
Структурно-тектонические критерии	170
Петрографические критерии	174
Фациально-литологические критерии	178
Геоморфологические и неотектонические критерии	180
Краткий обзор основных закономерностей формирования и локализации месторождений гидротермальных каолинов	184
Химический состав каолинов как основа для предварительной оценки их качества. <i>Б. Ф. Горбачев</i>	188
Минералогия каолинов. <i>Ю. А. Русько</i>	200
Остаточные породообразующие минералы	200
Остаточные аксессуарные минералы	202
Гипергенные минералы	202
Минералы группы каолинита	202
Слюдистые минералы	212
Монтмориллониты	214
Другие гипергенные минералы	214
Эпигенетические минералы	214
Основные этапы поисковых и разведочных работ на каолины. <i>В. И. Сивоконь</i>	217
Рекогносцировочно-поисковые работы	217
Поисково-разведочные работы (детальные поиски)	220
Предварительная разведка	221
Детальная разведка	224
Опробование, анализы, испытания	226
Отбор и обработка проб	226
Схемы анализов и испытаний	228
Составление постоянных кондиций	231
Особенности подсчета запасов	231
Заклучение. <i>Б. Ф. Горбачев</i>	233
Список литературы	239

1100

25-1074

25-1074