

М. Л. РОКВА, Г. А. МАЧАБЕЛИ, М. С. МЕРАБИШВИЛИ

**ПОИСКИ, РАЗВЕДКА
И ОЦЕНКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН**

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
КАВКАЗСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (КИМС)

М. Л. РОКВА, Г. А. МАЧАБЕЛИ, М. С. МЕРАБИШВИЛИ

550.8:553.6

ПОИСКИ,
РАЗВЕДКА И ОЦЕНКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

1896



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
МОСКВА 1971



Поиски, разведка и оценка месторождений бентонитовых глин. *Роква М. Л., Мачабели Г. А., Мерабишвили М. С. М.*, изд-во «Недра», 1971 г., 76 стр.

Приводятся общие сведения о составе, свойствах и использовании бентонитовых глин, их химико-минералогическая и физико-химическая характеристика, современное состояние бентонитовой промышленности Советского Союза и основные направления использования бентонитов, требования, предъявляемые к ним различными отраслями промышленности, и т. д. Сделана первая попытка генетической классификации месторождений бентонитовых глин: выделяются четыре генетических типа — аутигенные, терригенные, гидротермальные и образованные в корях выветривания. По форме и условиям залегания, выдержанности по мощности и качественным показателям выделяются пять промышленных типов месторождений бентонитовых глин.

Излагаются методы поисков и разведки месторождений, плотность сети разведочных выработок, особенности опробования бентонитовых глин, а также методы их качественной и технологической оценки.

Таблиц 3, иллюстраций 2, библиография — 133 названия.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бентонитовые глины характеризуются рядом специфических особенностей: ионообменной способностью, разбухаемостью, высокой поглотительной, адсорбционной способностью и гидрофильностью, каталитической активностью, клеящей, связующей и эмульгирующей способностью, пластичностью и т. д. Эти свойства обуславливают их широкое применение во многих областях народного хозяйства. Области использования различных типов бентонитовых глин и продуктов их переработки с каждым годом все более расширяются, повышаются требования к их качеству. Методы оценки бентонитов и продуктов их переработки значительно отличаются от методов оценки каолиновых и других глин.

По решению Экспертно-геологического совета Министерства геологии СССР в настоящее время во многих районах Советского Союза проводятся работы по поискам, разведке и качественной оценке бентонитов [9].

В успешном проведении этих работ значительную помощь может оказать предлагаемая работа, которая составлена на основании анализа обширного материала по поискам, разведке, опробованию, а также изучению вещественного состава, генезиса, физико-химических и технологических свойств бентонитовых глин.

Данная работа является первым опытом обобщения фактического материала по генетической классификации, особен-

ностей опробования и поисков, комплексного технологического и физико-химического изучения. Авторы будут благодарны за указания на ошибки, пропуски или недоработку отдельных положений.

Авторы выражают благодарность В. П. Петрову, Г. А. Кометиани и Н. В. Кирсанову за просмотр рукописи и ценные замечания.

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ, СВОЙСТВАХ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Бентонитовые глины получили название от форта Бентон, расположенного в штате Вайоминг (США), где первая промышленная добыча их была начата в конце прошлого века. В последующем периоде интерес к бентонитовым глинам значительно возрос и их месторождения были обнаружены почти на всех континентах нашей планеты.

За рубежом бентониты в основном именуется по названию местностей, где расположены их месторождения: «флоридин», «амаргозит», «шошинит», «отейлит» и т. д. Монтмориллонит — главный минерал бентонитовых глин — получил название от г. Монтмориллон (Франция), вблизи которого он впервые был обнаружен. В Англии местные монтмориллонитовые глины получили название «фулеровых земель», что в переводе означает сукновальные глины, так как с давних времен применяются в суконной промышленности для обезжиривания шерсти.

В Советском Союзе для бентонитовых глин различных месторождений приняты названия, которые большей частью также связаны с наименованиями районов расположения их месторождений. Аналогично именуется и продукты переработки бентонитов; среди них наиболее известными являются:

гумбрин — щелочноземельный бентонит Гумбрийского месторождения в Западной Грузии;

аскангель — щелочной бентонит Асканской группы месторождений в Западной Грузии;

асканглина — щелочноземельный бентонит той же группы месторождений;

асканит — продукт кислотной обработки (активации) асканглины;

оглангель — щелочной бентонит Огланлинского месторождения в Туркменской ССР;

огланглина — щелочноземельный бентонит того же месторождения;

джебелит — две последние (оглангель и огланглина) разновид-

ности иногда объединяются под таким общим названием (железнодорожная станция Джебел Ашхабадской ж. д., вблизи которой расположено месторождение);

кил — бентонитовые глины Курцевского и других месторождений Крыма;

гиляби — общее название бентонитовых глин Азербайджана;

литогель — общее название бентонитовых глин Дальнего Востока.

Главным пороодообразующим минералом бентонитовых глин является монтмориллонит, а также некоторые минералы этой группы, которые определяют присущие бентонитам специфические свойства набухания, адсорбции, обмена катионами и т. д. В связи с отмеченным бентониты нередко называются монтмориллонитовыми глинами.

Наряду с монтмориллонитом специфические свойства бентонитов обуславливают в первую очередь сапонит и бейделлит. Эти минералы монтмориллонитовой группы обладают свойствами разнообразного изоморфизма в алюмоокислородных октаэдрических сетках кристаллической решетки. Собственно монтмориллонит является алюминиевой разновидностью этой группы с незначительным замещением Al^{3+} на Mg^{2+} . В сапоните алюминий в значительно большей степени замещен магнием. Бейделлит же является высокоглиноземистой разновидностью монтмориллонита, с допусаемым замещением Si^{4+} на Al^{3+} в кремнекислородных тетраэдрических сетках кристаллической решетки.

По классификации В. С. Соболева [110], глинистые минералы относятся к подклассу силикатов — диметасиликатам со слоистым радикалом, которые имеют склонность к образованию коллоидов. Ввиду малых размеров минералов монтмориллонитовой группы и склонности к изоморфным замещениям нет единого мнения о строении кристаллической решетки монтмориллонита. Вместе с тем окончательно не установлен теоретический химический состав ряда минералов монтмориллонитовой группы.

В специальной литературе наиболее часто ссылаются на модели структур, предложенные в 1930 г. Гофманом, Энделем и Вильмом (рис. 1) и в 1940 г. Эдельманом и Фавейе (рис. 2).

Изображенная на рис. 1 модель структуры монтмориллонита, по данным Гофмана, Энделя, Вильма, Маршалла и Хендерикса, относится к типу структуры пиррофиллита, но отличается разбухающим свойством решетки и своеобразным характером наложения слоев. Этой структуре, с учетом изоморфных замещений, соответствует кристаллохимическая формула монтмориллонита — $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$. Химический состав по приведенной формуле следующий (в %): SiO_2 66,7; Al_2O_3 28,3; $+H_2O$ 5,0.

Изображенной на рис. 2 модели структуры монтмориллонита соответствуют формула $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_6$ и следующий химический состав (в %): SiO_2 60,62; Al_2O_3 25,72; $+H_2O$ 13,64.

Эдельман и Фавейе отрицают изоморфные замещения в струк-

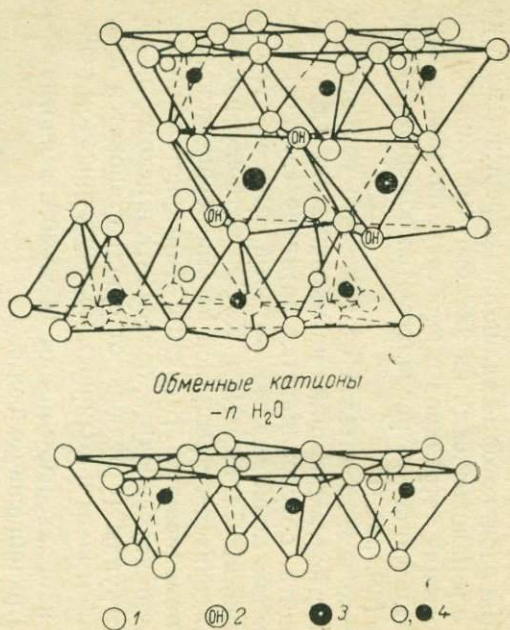


Рис. 1. Схематическое перспективное изображение структуры монтмориллонита (по Гофману, Энделю, Вильму и др.):

1 — кислород; 2 — гидроксил; 3 — алюминий, железо, магний; 4 — кремний, иногда алюминий.

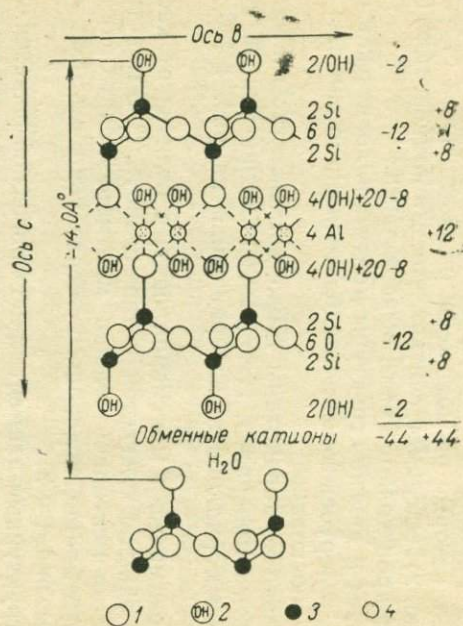


Рис. 2. Модель структуры монтмориллонита (по Эндельману и Фавейе):

1 — кислород; 2 — гидроксил; 3 — кремний; 4 — алюминий.

турных слоях монтмориллонита и тем самым считают его структуру уравновешенной — не имеющей никаких зарядов. По их мнению, обменная способность монтмориллонита связана с замещением кислорода и гидроксильных групп; последние связаны с теми атомами кремния, которые расположены на поверхности структурных слоев (см. рис. 2). Эдельман считает, что для компенсации баланса 25% Si-тетраэдров должны быть вывернутыми.

Предложены и другие структуры монтмориллонита как отечественными, так и зарубежными исследователями, но они еще в меньшей степени обоснованы.

Окончательно не доработаны также номенклатуры и классификация глинистых минералов. Наиболее общепризнанной является структура монтмориллонита, изображенная на рис. 1 [36, 48, 84, 110, 127].

Кристаллохимически монтмориллонит, в отличие от каолинита и аналогично слюдам, слагается из трех слоев [2, 1]. Один структурный элемент элементарной ячейки монтмориллонита состоит из двух наружных кремнекислородных тетраэдров с атомами кремния в центрах (см. рис. 1 и 2).

Второй структурный элемент кристаллической решетки монтмориллонита слагается из плотноупакованных атомов кислорода или гидроксильных групп, между которыми в октаэдрической координации расположены атомы алюминия. Эта алюмокислородная октаэдрическая сетка расположена между двумя охарактеризованными выше кремнекислородными тетраэдрами.

Сочленение двух тетраэдрических и одной октаэдрической сеток образует общие слои, которые являются непрерывными в направлении осей a и b и наложенными на аналогичные слои в направлении оси c . На вершинах тетраэдров в пространстве между двумя слоистыми пакетами (по оси c) располагаются обменные катионы и молекулы воды (см. рис. 1).

Большинство исследователей считают, что изоморфными замещениями, в частности алюминия на магний в октаэдрических слоях монтмориллонита, обуславливается возникновение отрицательного заряда кристаллической решетки, который компенсируется главным образом катионами Ca, Mg, Na и K. Эти катионы, расположенные между слоями, связаны с решеткой весьма непрочно и легко вытесняются, т. е. обмениваются. В связи с этим кристаллические решетки монтмориллонита, сапонита, беделлита и некоторых других минералов этой группы (в отличие от слюд) становятся лабильными под воздействием воды и полярных молекул, при этом решетка раздвигается по направлению оси c от 14 до 30 Å, а иногда происходит материальное разобщение слоев.

В естественном состоянии монтмориллонит обладает непостоянной толщиной слоя, что зависит от состава обменных катионов и количества полярных молекул воды. Межплоскостное расстояние первого базального отражения (d_{001}) насыщенного катионом нат-

рия монтмориллонита составляет около $12,5\overset{\circ}{\text{Å}}$, а для насыщенного катионом Са — около $15,4\overset{\circ}{\text{Å}}$. В обменном комплексе природных монтмориллонитов одновременно содержатся Na, Са и другие катионы и в связи с этим расстояние d_{001} приобретает промежуточное значение против теоретического ($14\overset{\circ}{\text{Å}}$; см. рис. 2).

Приведенные кристаллохимические особенности минералов монтмориллонитовой группы обуславливают основные свойства бентонитов — способность к обменным реакциям, адсорбцию, набухание и т. д.

Бентонитовые глины разнотипных месторождений, наряду с главными пороодообразующими минералами монтмориллонитовой группы, в переменных количествах содержат включения других глинистых минералов, полевых шпатов, гидроокислов железа, карбонатов, сульфатов, минералов кремнезема, уцелевших от разложения материнских пород разных силикатов, а также рудных минералов, органического вещества и др.

Указанные посторонние примеси в значительной степени изменяют свойства бентонитов, а при больших содержаниях этих включений использование бентонитов в отдельных областях народного хозяйства становится невозможным.

К бентонитовым глинам следует относить глины, которые состоят главным образом из алюминиевых и магниевых членов монтмориллонитовой группы, с разбухающей кристаллической решеткой, а также возможно смешаннослойных глинистых образований, с содержанием монтмориллонитового составляющего не менее 60—70%. Бентонитам должны быть присущи хорошо выраженные свойства обмена катионами (обменная емкость не менее $60\text{ мг}\cdot\text{экв}$ на 100 г глины), дисперсности, адсорбции, набухания (для щелочных разновидностей) и т. д. В связи с тем что палеогорские глины по свойствам и некоторым областям применения (в буровых растворах, применяемых при бурении соленосных отложений, и др.) близки к бентонитам, на данном этапе изученности их следует относить к группе бентонитов [70, 71].

Производить количественный минералогический анализ бентонитов затруднительно, особенно при массовом их изучении. Поэтому ориентировочным критерием оценки бентонитов в первую очередь следует считать величину обменной емкости. Определение количества монтмориллонита возможно только при его содержании не менее 60% при условии выгодного сочетания монтмориллонита с другими пороодообразующими минералами бентонитов.

Бентонитовые глины по свойствам целесообразно делить на две основные группы — щелочные и щелочноземельные. К последним относятся указанные выше фулеровые земли, флоридин, адсорбционные и отбеливающие глины, типичным представителем которых в СССР является гумбрин из Гумбрийского месторождения.

Наиболее типичными щелочными бентонитами (с преобладанием обменного натрия) служат глины месторождений Цихис-убани

(нижний горизонт — аскангель) Асканской группы месторождений в Грузинской ССР, Саригюх в Армянской ССР, Таганск (нижний пласт) в Восточном Казахстане, Огланлы (белая разность) в Туркменской ССР, Азкамар (белая разность) в Узбекской ССР, Пыжеевск в Украинской ССР. Типичными щелочноземельными (с преобладанием обменного кальция) являются, кроме гумбрина, бентониты месторождений Цихис-убани (верхний горизонт — асканглина), Огланлы, Таганск (верхний слой, розовый), Ханлар в Азербайджанской ССР и др.

Щелочные бентониты, например, Асканского, Таганского, Саригюхского месторождений в куске имеют раковистый излом, во влажном состоянии чрезвычайно пластичны, напоминают мыло, при расщеплении на отдельные крупные куски образуют блестящие поверхности, их можно разрезать на весьма тонкие просвечивающие пластинки; во влажном состоянии в местах выхода на дневную поверхность такие бентониты образуют пастообразную, почти текучую массу, которая после высушивания сильно сокращается в объеме и растрескивается. При повторном увлажнении происходит неравномерное набухание частиц глины, в результате чего поверхность обнажения становится извилистой, каракулевидной, что является одним из поисковых признаков для обнаружения щелочных бентонитовых глин.

Другие разновидности, например бентонитовые глины месторождений Гумбри, Заломенск в Кемеровской области и др., в естественном виде представляют собой плотную камнеподобную, сравнительно твердую породу, которая в воде рассыпается, не образуя пастообразную массу или устойчивую суспензию.

Бентонитовые глины в природе встречаются самых различных цветов; большей частью они окрашены в серый, зеленовато-серый, бурый, кремевый, реже белый цвет. Бентониты белого цвета вообще встречаются редко как в СССР, так и в других странах. Среди известных отечественных бентонитов белыми глинами представлен пласт мощностью 1 м лишь на месторождениях Огланлы и Азкамар. Они отличаются от других разновидностей бентонитов тех же месторождений высокой ионнообменной способностью (обменная емкость почти целиком состоит из обменных щелочных катионов натрия), интенсивной набухаемостью в воде, дисперсностью (содержание тонкой коллоидной фракции с размерами частиц ниже 1,5 мк превышает 90%). За рубежом месторождение Понца (один из Понтийских островов в Италии) сложено белым бентонитом, который характеризуется высокой коллоидностью, сильной набухаемостью в воде и т. д.

Специфические свойства бентонитовых глин и продуктов их переработки позволяют с большой эффективностью использовать их в различных областях народного хозяйства: в нефтеперерабатывающей, масложировой, химической, пищевой, тонкокерамической, металлургической, мыловаренной, фармацевтической, парфюмерной, бумажной промышленности, в буровом деле, литейном производст-

ве, при агломерации руд, в горнотехнических и ирригационных сооружениях, в энергетике, сельском и лесном хозяйствах, в строительной технике, животноводстве и многих других областях народного хозяйства.

Отечественное производство бентонитовой продукции начинается с тридцатых годов, когда была начата промышленная разработка Гумбрийского месторождения. До этого периода для нефтеперерабатывающей промышленности импортировались зарубежные минеральные адсорбенты — фулеровая земля и флоридин.

Благодаря плодотворной деятельности советских ученых, прежде всего А. Е. Ферсмана, А. А. Твалчрелидзе, С. С. Филатова, а также в целом коллектива Кавказского института минерального сырья (КИМС), промышленность СССР получила высококачественный минеральный адсорбент — гумбрин. Если в 1929—1930 гг. добыча гумбрина для нефтяной промышленности Азербайджанской ССР составляла 3—5 тыс. т в год, то в последние годы она достигла 150—200 тыс. т. Однако и такое количество бентонита не может обеспечить растущую потребность нефтеперерабатывающей и других областей промышленности в отбеливающих глинах.

Следует отметить, что современное состояние бентонитовой промышленности Советского Союза, в том числе производство отбеливающих глин, не удовлетворяет потребности народного хозяйства [77].

В настоящее время применение различных типов бентонитов и продуктов их переработки в промышленном масштабе, по существу, ограничивается нефтеперерабатывающей промышленностью, буровым делом и литейным производством [77, 78]. Так, например, в 1965 г. потребность бентонитовых глин фактически составила: для буровых растворов 360 тыс. т, или около 58%: нефтеперерабатывающей промышленности 140 тыс. т, или 22,6%; литейного производства 85 тыс. т, или 13,7% и для прочих потребителей 35 тыс. т, или 5,7%.

Ежегодная потребность народного хозяйства СССР в различных бентонитах в ближайшие годы ориентировочно составит 2000—3000 тыс. т.

Из многочисленных видов продукции бентонитов в СССР производятся только бентопорошки в количестве, далеко не обеспечивающем потребность даже буровых работ и литейного производства. Малые масштабы производства этой продукции обуславливают ее высокую себестоимость.

Пока не организовано производство активированных бентонитов, в которых остро нуждаются химическая, масложировая промышленность и многие другие отрасли народного хозяйства. Первый в СССР активационный завод в г. Махарадзе на базе асканских бентонитов производительностью 10 тыс. т в год вступает в строй. Продукция этого завода может обеспечить потребность только масложировой промышленности примерно на 30—35%.

Использование бентонитов вообще, особенно активированных,

даст большой экономический эффект [77]. Поэтому в настоящее время во многих районах СССР проводятся работы по выявлению и изучению месторождений бентонитов и строительство на их базе производственных предприятий.

На территории Советского Союза известно около 500 месторождений и проявлений глин бентонитового типа. Из них 27 месторождений разведано по промышленным категориям и взято на государственный баланс с запасами по состоянию на I/I 1966 г. в количестве 364 млн. т (Балансы запасов на адсорбционные и формовочные глины, 1966 г.). Однако глины некоторых разведанных месторождений технологически изучены недостаточно, чем и вызвано небоснованное их отнесение к адсорбционным и собственно «бентонитовым» разновидностям. Для глин некоторых месторождений, приведенных в балансах запасов по адсорбционным и формовочным глинам, не определены состав обменных катионов и примерное количественное содержание минералов монтмориллонитовой группы. В связи с этим затруднительны их типизация и возможность разделения на щелочные и щелочноземельные разновидности. Так, по ранее принятой классификации к бентонитам относились те глины, которые намечались для использования в буровой практике. При этом эффективно используются щелочные бентониты, так как щелочноземельные разновидности требуют обработки кальцинированной содой. Приведенные в балансе запасы глины Лисогорского, Бережанского, Горбского, Курцевского, Желесского и других месторождений ошибочно отнесены к бентонитам (в старом понимании), а глины Любинского и других месторождений — к адсорбционным. Глины, отнесенные к первой группе, фактически являются щелочноземельными; любинские глины являются щелочными. Запасы высококачественных бентонитов, особенно щелочных набухающих разновидностей, следует считать сравнительно ограниченными.

Приведенные выше данные и обобщение материала по классификации бентонитов позволяют рекомендовать следующее: числившиеся на балансе глины адсорбционные, бентонитовые и некоторые разновидности формовочных глин (монтмориллонитового состава) целесообразнее рассматривать под общим названием бентонитовых глин. При этом необходимо выделять щелочные, щелочноземельные и палыгорскитовые разновидности. Такое общее название с соответствующим подразделением облегчит правильность ориентировки многочисленных потребителей бентонитовых глин и продуктов их переработки.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БЕНТОНИТОВ

По химическому составу природные бентонитовые глины различных месторождений и отдельные разности этих глин в пределах одного и того же месторождения часто значительно отличаются друг от друга. Это объясняется не только различным характером материнских пород, давших начало образованию бентонитов, и условий дальнейшего их преобразования, но и тем, что эти глины в природ-

ном виде почти всегда в различной степени засорены посторонними включениями.

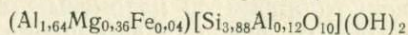
Более или менее точную качественную характеристику природных бентонитов по одним только результатам их химического анализа дать трудно. Для сравнительно чистых бентонитов содержание отдельных компонентов, в частности окислов кремния и алюминия, и их молекулярное соотношение является характеризующим признаком. Учитывая это, из природных образцов глин выделяют тонкодисперсную (меньше 0,001 мм) глинистую фракцию и ее анализируют. Исходя из теоретической формулы монтмориллонита молекулярное соотношение окислов кремния и алюминия не должно быть ниже 1 : 4; для минералов гидрослюдистой группы это соотношение близко 1 : 3 и каолиновой 1 : 2.

В табл. 1 приведен химический состав бентонитовых глин основных месторождений СССР.

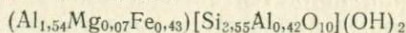
Приведенные в табл. 1 химические анализы, как и анализы природных бентонитов и выделенных из них коллоидных фракций, не ложатся в рамки теоретического состава минералов монтмориллонитовой группы. Это обусловлено примесями неглинистых минералов и стадийным изменением глинистых образований. В связи с этим расчет данных химических анализов на кристаллохимические формулы следует вести очень осторожно. Такие расчеты должны производиться для таких глин, в коллоидных фракциях которых содержится максимальное количество одного глинистого минерала (не менее 95%). Примеси карбонатов, гидроокислов железа и марганца, а также органического вещества могут быть удалены до проведения химического анализа известными способами и реактивами. Кристаллическая решетка глинистого минерала не должна быть разрушена, что можно проконтролировать оптическим и рентгеноструктурным анализами.

Ниже приводятся кристаллохимические формулы монтмориллонита, выделенного из бентонитовых глин некоторых месторождений мира. Формулы рассчитаны по усовершенствованному методу Б. Б. Звягина [84].

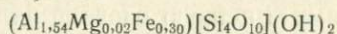
Месторождение Монтмориллон (Франция)



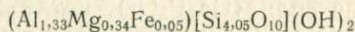
Рудник Бейделл (Колорадо)



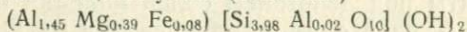
Месторождение Саригюх



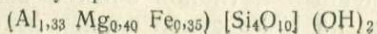
Месторождение Огланлы



Месторождение Цихис-убани (аскаягель)



Месторождение Гумбри



При интерпретации химических анализов бентонитов надо обратить внимание на следующее: повышенное содержание Al_2O_3 (более 25%) в природных бентонитах и потери при прокаливании (более 10%) указывают на возможное присутствие в глинах минералов каолиновой группы, а K_2O (больше 1,5%) — гидрослюд. Если в глинах обнаруживается больше 3% MgO , то проба должна быть подвергнута минералогическому контролю на палыгорскит. Глины, содержащие окись кальция (больше 5%), а также окись и закись железа (больше 7%), в ряде случаев могут оказаться низкокачественными.

ИОНООБМЕННАЯ СПОСОБНОСТЬ

Адсорбированные ионы, находясь в подвижном состоянии, в водной среде гидратируются, т. е. каждый катион окружается большим или меньшим количеством молекул воды. Наибольшей гидратирующей способностью обладают ионы щелочных металлов, в частности натрия. Ионы же щелочноземельных металлов (кальций, магний) обладают значительно меньшей гидратирующей способностью; еще меньшей способностью к гидратации обладают трехвалентные ионы. В зависимости от рода катионов и их количества водная оболочка первичных частиц глин может иметь различную толщину.

С точки зрения коллоидной химии коллоидная частица с окружающими гидратированными ионами образует мицеллу. В последней гидратированные ионы располагаются в зависимости от их нейтрализующей способности. Адсорбированные катионы в водной среде вокруг ядра мицеллы располагаются диффузно; вследствие этого совокупность диффузорасположенных катионов и связанных с ними молекул воды носит название диффузного слоя. Толщина диффузного слоя зависит от количества и рода адсорбционных катионов и достигает наибольшей величины в случае преобладания ионов щелочных металлов (например, натрия).

Под действием натриевых солей могут быть замещены все катионы диффузного слоя частиц бентонита катионами натрия, в результате чего искусственно образуется натриевый щелочной бентонит. Более простым и быстрым способом замещения катионов диффузного слоя на натрий является замещение при помощи натриевых солей, анионы которых образуют в воде трудно растворимые соли с катионами вытесняемых элементов, главным образом кальция и магния. Такими солями в первую очередь являются соли пиррофосфорной кислоты ($Na_4P_2O_7$), с которой кальций и магний образуют почти нерастворимые соли ($Ca_2P_2O_7$), а также тринатрий фосфат (Na_3PO_4), карбонат (Na_2CO_3) и др. В свою очередь щелочные натриевые бентониты под действием солей кальция и магния, например $CaCl_2$, $MgCl_2$, переходят в кальциевые и магниевые бентониты.

Количество обменных катионов обычно выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г сухой глины. Многочисленными опы-

Химический состав бентонитов основных месторождений СССР

Наименование месторождений бентонитов	Содержание, %												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Влага	П. п. п.	Сумма
Вахрушевское (Южный Сахалин)	62,60	—	16,20	1,28	0,14	1,21	1,17	2,49	1,3	—	6,14	7,85	100,38
Бикляинское (Татарская АССР)	46,80	1,10	20,90	6,79	—	2,25	2,55	0,70	1,90	—	6,54	10,5	100,03
Смышлявское (Куйбышевская область)	47,40	0,92	22,15	6,20	—	2,54	0,80	0,45	2,13	0,29	7,10	9,92	99,90
Верхнее Нурлатское (Татарская АССР)	45,20	0,83	18,80	8,04	—	3,08	2,52	0,98	2,04	1,83	6,24	10,60	100,16
Курцевское (Украинская ССР)	49,95	0,15	18,86	3,29	—	4,33	4,22	1,02	0,29	—	7,28	8,80	99,19
Черкасское (Украинская ССР) (с преобладанием монтмориллонита)	50,40	1,02	19,12	7,29	—	2,05	0,60	0,50	0,45	—	9,80	9,0	100,23
Черкасское (пальгорскитовый слой)	54,70	0,36	11,52	6,35	0,11	5,75	0,74	0,25	1,20	—	8,90	9,74	99,63
Песковское (Украинская ССР)	66,70	0,60	13,76	5,06	0,22	0,39	1,07	0,25	0,20	0,05	6,20	5,20	99,72
Таганское (Казахская ССР)	58,43	—	19,35	2,00	—	3,18	0,75	0,50	0,10	0,89	7,23	7,35	99,78
Келесское (Казахская ССР)	54,84	0,81	15,12	6,74	0,2	3,68	1,32	1,75	1,35	0,15	8,14	5,78	99,80
Азкамарское (Узбекская ССР)	57,32	—	18,80	5,77	—	0,01	0,72	2,32	1,85	—	7,20	6,02	100,01
Огланлыинское (Туркменская ССР)	57,60	—	16,12	1,03	—	2,90	2,98	0,74	0,26	—	10,17	8,11	99,91
Ханларское (Азербайджанская ССР)	53,64	0,26	16,39	2,73	—	4,32	2,12	1,19	0,77	0,06	11,04	7,36	99,88
Саригюхское (Армянская ССР)	50,96	0,42	16,86	6,73	0,05	0,95	3,78	1,94	1,05	0,06	9,15	7,92	99,87
Гумбрийское (Грузинская ССР)	56,94	0,31	16,15	2,57	0,12	2,59	1,36	0,14	1,06	0,50	11,46	6,59	99,79
Цихисубанское (аскангель)	53,14	0,38	17,74	3,98	0,22	4,64	2,41	1,82	0,64	0,07	9,15	6,71	100,70
Цихисубанское (асканглина)	54,50	0,29	18,38	3,0	0,18	3,62	0,58	1,70	0,51	0,20	10,12	6,08	99,16

тами установлено, что суммарное содержание обменных катионов (обменный комплекс или емкость поглощения) в качественных бентонитах достигает 120 мг · экв, в гидрослюдистых глинах 40 мг · экв, а в каолининовых глинах 15 мг · экв.

В диффузном слое частиц природных бентонитов в зависимости главным образом от условий их образования почти всегда содержатся обменные катионы как щелочных, так и щелочноземельных металлов [78, 121].

ДИСПЕРСНОСТЬ

Одной из важных природных особенностей бентонитов является их дисперсность, которая находится в функциональной зависимости от рода и количества обменных катионов глин: чем больше в диффузном слое частиц бентонита обменных катионов щелочных металлов, обычно натрия, тем выше его дисперсность.

Количество тонкодисперсных частиц с размерами ниже 1,0—1,5 мк в высококачественных щелочных бентонитах в природном виде обычно может достигать 90%, а в отдельных случаях выше этого предела. Существующая между молекулами воды и глинистыми частицами довольно прочная связь обеспечивает удержание последних во взвешенном состоянии в водной среде в продолжение длительного периода. Частицы щелочноземельных бентонитов, в диффузном слое которых преобладают мало гидратированные обменные катионы кальция и магния, прочнее связанные между собой, в водной среде распадаются на отдельные крупные агрегаты, которые не способны долго держаться во взвешенном состоянии и быстро выпадают. Такие бентониты в природном виде обнаруживают низкую дисперсность.

Выход тонкодисперсной фракции (менее 1,5 мк) в бентонитах может быть повышен искусственно. Для этого необходимо обработать их небольшим количеством натриевых солей.

НАБУХАЕМОСТЬ

Набухаемость характеризует способность бентонитов поглощать воду и значительно увеличиваться в объеме. Так как различные бентониты обладают неодинаковой набухаемостью в воде, то по этому признаку до некоторой степени можно их классифицировать. В водной среде наиболее высокой набухаемостью обладают щелочные бентониты. Эти различия бентонитов способны впитывать более чем десятикратное количество воды, увеличиваясь при этом в объеме свыше 10 раз против первоначального. Щелочноземельные бентониты в воде слабо набухают, а некоторые из них (метаморфизованные) практически не набухают.

Большое отрицательное влияние на набухаемость бентонитов оказывает наличие в них растворимых в воде солей, особенно щелочноземельных металлов.

ВОДОПОГЛОЩАЕМОСТЬ

Бентонитовые глины вообще характеризуются высокой водопоглощаемостью или влагоемкостью по сравнению с другими типами глин. Наиболее влагоемки щелочные бентониты.

В бентонитах вода может находиться в так называемой свободной форме, сравнительно легко отделяемой, а также в форме связанной воды, удерживаемой обменными катионами. Опытами установлено, что щелочные бентониты содержат примерно в 5 раз больше связанной воды, чем щелочноземельные бентониты.

В зависимости от условий залегания бентониты в залежи могут содержать свыше 40% влаги. При этом происходит их набухание и, следовательно, сильное повышение горного давления, что в значительной мере осложняет эксплуатацию месторождений бентонитов.

В горном теле бентониты имеют сравнительно низкий объемный вес, в большинстве случаев не превышающий 1,8, тогда как удельный вес их составляет 2,70—2,72.

СВОЙСТВА ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ

1296
Водные суспензии щелочных набухающих бентонитов даже при сравнительно небольшом содержании сухого вещества (5—7%) имеют высокую вязкость и низкий удельный вес (1,03—1,05). Эти суспензии обладают однородностью, агрегативной и кинетической устойчивостью, т. е. частицы бентонита не слипаются в крупные агрегаты, вследствие чего остаются во взвешенном состоянии в течение многих суток и даже месяцев. Между частицами глины образуется некоторая, весьма слабая связь, обуславливающая структуру суспензии. При этом в течение определенного времени покоя структура суспензии становится прочной, неподвижной, студнеобразной. Такая система обладает свойством обратимости (тиксотропностью), т. е. при механическом размешивании она вновь принимает первоначальное жидкотекучее состояние.

В отличие от щелочных бентонитов, в щелочноземельных частицы монтмориллонита окружены тонкими водными оболочками, вследствие чего они образуют более крупные агрегаты. Такие бентониты в водной среде практически не образуют однородной, стабильной устойчивой суспензии даже после механического размешивания.

При необходимости такие водные суспензии бентонитов можно искусственно стабилизировать (в основном натриевые соли), т. е. придать им более устойчивый характер. Для этого к суспензиям добавляются соответствующие химреагенты — стабилизаторы, которые адсорбируются на поверхности частиц глины, обеспечивая лучшую связь со средой и препятствуя укрупнению (агрегированию) частиц и оседанию их [97].

СВЯЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

Своеобразие свойств бентонитов, особенно щелочных, как минеральных коллоидов, проявляемое большей частью в водной среде, обусловлено наличием развитой поверхности раздела на границе твердой и жидкой фаз и, следовательно, значительным запасом поверхностной энергии.

Существующая в водной среде между частицами бентонитов связь усиливается по мере удаления воды и значительного их сближения. При полном удалении воды наступает довольно прочная связь, которая обеспечивает сильное сцепление или склеивание частиц бентонитов как между собой, так и с частицами тех материалов, с которыми они соприкасаются. Для примера можно указать, что в смеси с кварцевым песком и водой глинистые частицы, обычно имеющие плоскую форму, в мелкораздробленном состоянии равномерно покрывают поверхность зерен песка и тем обеспечивают получение прочных формовочных смесей.

СОРБИЦИОННАЯ И КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Одним из важных свойств монтмориллонитовых глин является их способность адсорбировать (отсюда название «адсорбционные или отбеливающие глины»), т. е. поглощать на своей поверхности различные вредные примеси: смолы, слизи, пигменты и другие вредные примеси, содержащиеся в нефтепродуктах, растительных маслах, жирах, витаминах, продуктах коксохимического производства, заводов искусственного жидкого топлива, синтетических материалов и других производств. После очистки нефтяные дистилляты и продукты других производств становятся светлыми, отбеленными, отвечающими требованиям промышленности [121].

Одни разновидности монтмориллонитовых глин (щелочноземельные, высококремнистые) в природном виде обладают достаточно высокими отбеливающими свойствами, другие разновидности бентонитов в природном виде имеют сравнительно низкую отбеливающую способность, сильно повышающуюся после предварительной химической обработки, главным образом минеральными кислотами. Обработка бентонитов минеральными кислотами в настоящее время положена в основу технологии производства искусственных отбеливающих глин — активированных бентонитов. Например, асканит получается путем сернокислотной обработки асканглины, а гумбрин широко применяется как адсорбент в природном виде.

Активированные бентониты, кроме адсорбционных свойств, имеют высокую каталитическую активность, т. е. могут способствовать протеканию реакции в желаемом направлении и с требуемой скоростью. Особенно высокую каталитическую активность эти глины проявляют в процессе крекинга нефти. При крекинге, т. е. расщеплении крупных молекул, бентониты одновременно поглощают вредные примеси нефтепродуктов, в результате чего происходит сильное повышение качества последних.

ВСПУЧИВАЕМОСТЬ

Бентонитовые глины вообще характеризуются низкой температурой плавления в пределах 1000—1250°C. Как легкоплавкие глины они являются хорошим сырьем для получения вспученных легковесных материалов типа керамзита [94, 99, 127]. Многие из бентонитов имеют большой интервал плавкости и хорошо вспучиваются без корректирующих добавок. Получающийся при этом вспученный материал характеризуется низким объемным весом и высокими физико-механическими показателями. Для данного производства должны быть использованы низкосортные ожелезненные бентониты.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕНТОНИТОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Бентонитовые глины и продукты их переработки, которые характеризуются множеством ценных специфических свойств, имеют чрезвычайно широкое и разнообразное применение. Ниже рассматриваются основные области применения бентонитов в народном хозяйстве.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность

В отечественной нефтеперерабатывающей промышленности при очистке нефтепродуктов, особенно легких дистиллятов, в настоящее время используются бентонитовые глины в природном виде. Однако значительно лучшие результаты достигаются применением активированных бентонитов.

Очистка нефтепродуктов является обязательной в связи с тем, что они содержат много вредных примесей в виде органических кислородных, сернистых, азотистых соединений, непредельных углеводородов и др. Последние при хранении выделяют смолистые вещества, что значительно снижает качество нефтепродуктов.

Очистка нефтепродуктов производится серной кислотой, едкой щелочью и завершается адсорбентами, в качестве которых используются бентонитовые глины, опоки и др. [78, 113].

В настоящее время бентонитовые глины, в частности гумбрин, используются для очистки множества нефтепродуктов азербайджанскими, частично грозненскими и нижевожскими нефтеперегонными заводами [78].

Требования к гумбрину для нефтеперерабатывающей промышленности определяются техническими условиями ВТУ 341-62, которые предусматривают следующие основные показатели: отбеливающая способность не ниже 2 мм (по колориметру типа Добоско), очищенного 24% гумбрин остаточного масла сураханской нефти; тонина помола гумбрин — остаток на сите 6400 *отв/см²* не более 15%; влажность кускового гумбрин 20—28% (в зависимости от периода года), а молотого — не более 14%.

В нефтяной промышленности эффективно могут быть использованы в качестве глинистых катализаторов в процессе крекинга нефти активированные бентониты, взамен применяемых в настоящее время для этой цели дорогостоящих синтетических алюмосиликатных катализаторов. Основное требование к бентониту для этой цели — высокий индекс активности (выход бензина не ниже 28% от исходного сырья) и высокая стабильность (сохранять активность после последующей термической обработки).

Активированные бентониты могут быть эффективно использованы для очистки синтетического озокерита, который получается в виде остатка после фракционирования синтетической нефти — синтина.

Важная роль принадлежит бентонитам в производстве консистентных смазок. Для этой цели могут быть использованы высококачественные щелочные бентониты. Из последних выделяется тонкодисперсная коллоидная фракция с определенными размерами частиц, которая обрабатывается высокомолекулярными органическими соединениями — аминами. Полученный гидрофобный материал — бентон — является одним из основных компонентов консистентных смазок. Намечается в ближайшее время организовать отечественное производство бентона для нефтяной промышленности и других областей народного хозяйства.

Сырая нефть в процессе добычи захватывает из недр значительное количество минерализованных вод, удаление которых является обязательным и весьма затруднительным процессом. Бентонитовые глины, обладающие высокими поглотительными и многими другими специфическими свойствами, могут быть успешно использованы и для этой цели.

Буровое дело

Для производства высококачественных глинистых растворов применяются главным образом щелочные набухающие бентонитовые глины. Для этой цели могут быть успешно использованы и щелочноземельные бентониты, однако они требуют предварительного добавления небольшого количества (порядка 3% к весу бентонита) кальцинированной соды.

Использование бентонитовых глин для получения глинистых растворов имеет особенно важное значение при глубоком бурении на нефть и другие полезные ископаемые в сложных разрезах проходимых пород. Бентониты используются для получения легких и утяжеленных растворов как самостоятельно, так и в смеси с грубодисперсными глинами: небольшая добавка щелочного бентонита к глинистым растворам из местных грубодисперсных глин резко повышает их основные показатели. Кроме того, бентониты успешно применяются для получения гельцементов, используемых для тампонажа скважин; бентонитовая паста и самостоятельно является хорошим тампонирующим материалом для мелкотрещиноватых пород.

В связи с тем что бентониты разных месторождений сильно отличаются друг от друга, существуют Временные технические условия (подготавливается проект ГОСТ) применительно к каждому месторождению. Основные требования к бентонитам для буровых растворов сводятся к следующему: выход раствора при условной вязкости 20 сек по прибору СПВ-5 из одной тонны бентонита 10—15 м³; удельный вес раствора 1,06—1,08; водоотдача за 30 мин 15 мл; толщина глинистой корки 1,5 мм; стабильность 0; суточный отстой отсутствует.

Бентониты здесь используются большей частью в порошкообразном виде; для этого сырой бентонит на заводах подвергается сушке и помолу; тонина помола — остаток на сите 4900 отв/см² не более 5%. Требования к бентопорошку для буровых растворов определяются ТУ-64 на глинопорошки.

Особо важное значение для бурового дела имеют палыгорскитовые разности бентонитов, из которых получают солеустойчивые глинистые растворы, применяемые при бурении засоленных пород. В настоящее время в УССР уже налажено производство палыгорскитовых порошков для бурового дела [92].

Литейное производство

В литейном производстве бентонитовые глины используются главным образом в качестве связующих формовочных песков; высококачественные щелочные бентониты используются также в составе литейных противопригарных красок. Основная роль бентонита в этом случае заключается в создании устойчивой суспензии, обеспечивающей поддержание противопригарного материала во взвешенном состоянии и в равномерном распределении по всей массе. Бентониты применяются в литейном производстве в виде порошка, а также в виде пасты [119].

Вместе с тем для литейного производства могут быть использованы не только высококоллоидальные и высокодисперсные глины, которые предусмотрены ГОСТ 3226-65, но и щелочноземельные типа гумбрина. По этому ГОСТ бентонитовые глины делятся на три группы (Б-1; Б-2; Б-3) главным образом по показателям коллоидальности и прочности сырых образцов. Однако работами последних лет показано, что коллоидальность не является показателем, особенно важным для характеристики недисперсных глин [76].

Новые исследования показывают возможность эффективного использования бентонита для получения безводных формовочных смесей.

Тонкокерамическая промышленность

В этой промышленности бентонит применяется главным образом в качестве пластификатора, а также для получения устойчивых суспензий глазурных масс. Наилучшим сырьем для данного про-

изводства являются щелочные и вместе с тем светлые бентониты с минимальным содержанием красящих окислов, главным образом железа и титана, а также с небольшим содержанием серного ангидрида. Следует отметить, что бентониты отечественных месторождений не могут удовлетворить сравнительно высокие требования ГОСТ 7032—54 для тонкой керамики из-за цвета.

Химическая промышленность

В химической промышленности могут быть использованы природные и активированные бентониты в качестве сорбентов, катализаторов, коагулятов, наполнителей и т. д.

Для регенерации лактама из капролактаменных вод в производстве искусственного синтетического волокна успешно может быть использован щелочной набухающий бентонит. Он хорошо адсорбирует замасливатели и очищает капролактаменные воды от других примесей, обеспечивая возвращение в производство увлеченного промывными водами лактама для последующей полимеризации и получения капрона, а также отработанных вод. Основное требование к бентониту для данного производства (пока нет технических условий) — высокая дисперсность, набухаемость, ионообменная и погложительная способность.

В производстве капролактама и других синтетических материалов успешно могут быть использованы активированные бентониты в качестве катализаторов как самостоятельно, так и в сочетании с металлическими катализаторами.

Бентониты эффективно могут быть использованы в качестве наполнителей для изделий из каучука и других синтетических материалов, а также пластмасс. Основные требования к наполнителю для данного производства — высокая дисперсность, способность равномерно распределяться в сыром каучуке или в других материалах без образования сгустков, минимальное содержание закисного железа, отсутствие крупноокварца и других примесей. Активированные бентониты могут быть использованы в производстве сероуглерода для очистки от органических примесей.

Производство красок

В производстве красок, особенно художественных, применяется высококачественная светлая олифа, получаемая главным образом на основе переработки чистого льняного масла. Даже небольшая примесь в художественной олифе загрязняющих веществ, в том числе белков, недопустима. Такая тщательная очистка достигается применением активированного бентонита. Основные требования к последнему, предусмотренные ТУ № ПЗ1-57, следующие: отбеливающая способность — не менее 90%, термпроба — отрицательная, реакция водной вытяжки — нейтральная или слабощелочная (не более

1% в пересчете на H_2SO_4), содержание влаги — не более 15%, остаток на сите с сеткой № 0315 — не более 0,3%.

Бумажная промышленность

Здесь могут быть использованы щелочные бентониты и гумбрин [129] в качестве наполнителей, а также для повышения удерживаемости основного наполнителя бумажной массы — обогащенного каолина. Качество бентонита для данного производства определяется белым цветом, дисперсностью, равномерностью фракции по величине зерен, отсутствием песка и других подобных примесей. Так, требования к гумбрину для бумажной промышленности определяются техническими условиями СТУ-100 693—65, которые предусматривают следующие основные показатели: 1) механические примеси — остаток на сите № 02 — 0,25%, на сите № 009 — 7,00%; 2) процент белизны — не менее 68%; 3) содержание влаги — не более 15,0%; 4) содержание частиц диаметром 60 мк — 35,0%, от 60 до 1,5 мк — 38,5%, ниже 1,5 мк — 6,5%.

На базе выделяемой из щелочных бентонитов тонкодисперсной коллоидной фракции могут быть получены новые сорта бумаги, картон, пленочные материалы, обладающие водонепроницаемостью, адсорбционными свойствами к основным красителям, жиро- и маслоустойчивостью, определенными электроизоляционными свойствами и т. д.

Щелочные бентониты, способные поглощать типографскую краску, могут быть использованы также для утилизации бумажной макулатуры и др.

Масложировая промышленность

В масложировой промышленности используются активированные бентониты для очистки — отбелики соевого, хлопкового, рапсового и других растительных масел, а также животных жиров.

Перед превращением растительных масел в твердые жиры (гидрогенизация), являющиеся исходным материалом для производства маргарина, а также мыл, они подвергаются ряду процессов — гидратации, рафинации, отбелике и др. Без предварительного удаления из масел содержащихся в них свободных жирных кислот, красящих пигментов, белковых веществ, слизей, неустойчивых кислотных радикалов и других нежелательных примесей масла не могут подвергаться гидрогенизации, а при хранении под воздействием атмосферных агентов и микроорганизмов они портятся. Особенно важное значение имеет отбелика активированными бентонитами черного хлопкового и рапсового масел.

Временные технические условия (инструкция ВНИИЖ № 197-205 1962 г.) предусматривают следующие основные показатели активированных бентонитов для масложировой промышленности: тонина помола — полное прохождение через сито 1600 *отв/см*²;

влажность — не более 15%; реакция водной вытяжки — нейтральная или слабокислая; отбеливающая способность по хлопковому и соевому маслам (при расходе до 3%) соответственно до 10 йодного числа и до 12 числа красных по цветометру конструкции ВНИИЖ-16; отбелка контактным методом при температуре 90—95°C.

Весьма перспективным является также использование активированных бентонитов для очистки низкосортных технических жиров.

Бентонитовые глины могут быть эффективно использованы в качестве носителей металлических катализаторов, применяемых в процессах гидрогенизации растительных масел с целью получения саломаса для производства маргарина, а также для мыловаренной промышленности.

Фармацевтическая промышленность

Бентонитовые глины здесь могут быть использованы в качестве активного компонента различных медицинских мазей, таблеток, эмульсии, пудр и др. При изготовлении лечебных мазей бентонит заменяет применяемые для этой цели дорогостоящие дефицитные жиры, в том числе ланолин. В этом производстве используется тонкодисперсная коллоидная фракция высококачественных щелочных бентонитов.

В активированном виде бентониты могут быть использованы в производстве витаминов для очистки растворов от загрязняющих примесей. Кроме того, они с большой эффективностью используются в качестве реактивного сорбента для определения содержания витаминов в различных продуктах.

Парфюмерная и мыловаренная промышленность

Коллоидная фракция бентонитов применяется в производстве всевозможных паст, кремов, помад и других косметических средств.

Активированные бентониты могут быть использованы в качестве сорбента и катализатора в производстве терпинеола, санталола и других душистых веществ.

Обладая хорошими моющими и поглощающими (отбеливающими) свойствами, бентониты могут быть использованы в производстве различных мыл.

Гидроэнергетическое и шахтное строительство

Тонкодисперсные щелочные бентониты с большой эффективностью применяются для получения инъекционных жидкостей. При введении (инъекции) суспензии бентонитов в поры и пустоты природных грунтов происходит резкое снижение водопроницаемости последних. Это особенно важно при строительстве крупных гидротехнических сооружений (высотные плотины), эксплуатационных

шахт и др. Важнейшим фактором является способность бентонитов создавать водные весьма устойчивые суспензии с высокими структурно-механическими и тиксотропными свойствами. Наиболее пригодны для этой цели бентониты, содержащие в природном виде не менее 90% частиц с размерами ниже 0,05 мм.

В этом направлении пока отечественные бентониты у нас мало используются, хотя определенное количество асканского бентонита поставляется даже на экспорт.

Окускование рудной мелочи

Высокая связующая способность, сравнительно низкая температура спекания и другие свойства бентонитов указывают на эффективность их применения для окускования рудной мелочи при производстве окатышей или агломерации. Особенно важную роль бентониты могут сыграть при производстве окатышей из концентратов железных и марганцевых руд, что подтверждается проведенными опытами и зарубежной практикой.

Сельское хозяйство

В сельском хозяйстве бентониты имеют разнообразное применение. Высокодисперсные щелочные бентониты применяются в производствах ядохимикатов (серобентонит, суспензия гексахлорана и др.) для борьбы с заболеваниями сельскохозяйственных культур (виноградная лоза, цитрусы и др.), а также в борьбе с паразитами животных. На основе бентонитов могут быть изготовлены устойчивые аэрозоли вакцин против чумы птиц и т. д.

Бентониты являются хорошими противофильтрационными материалами, что обеспечивает возможность их широкого применения в качестве экранирующего материала и противофильтрационных завес в оросительных каналах и водоемах [18].

В отдельных типах почв могут быть введены бентониты для улучшения структуры почв, регулирования водного режима, повышения урожайности и т. д. [78, 80]. Бентониты эффективно могут быть использованы для снижения слеживаемости аммиачной селитры, в производстве гранулированных и жидких удобрений.

На основе последних исследований установлено, что введение в кормовые рационы различных животных и птиц небольшого количества бентонитовой глины способствует росту и сильному повышению их продуктивности — это одно из перспективных направлений эффективного использования бентонитов в ближайшем будущем [80, 108]. Исследования в этом направлении, начатые впервые в СССР Тбилисским зоотехническо-ветеринарным институтом в 1961 г., в настоящее время выполняются в широких масштабах почти на всех видах животных многими организациями.

В винодельческом производстве успешно используются высококачественные щелочные бентониты с целью осветления виноградных и фруктовых вин, вместо применяемых ранее дорогостоящих дефицитных органических оклеивателей — рыбьего клея, пищевого желатина и др. [30, 104].

Высокая дисперсность и способность к обменным реакциям щелочных бентонитов имеют важное значение для данного процесса. Такой бентонит в кислой среде виноматериалов обменивает катион натрия на ион водорода вина, вследствие чего происходит коагуляция с образованием хлопьев; последние быстро оседают, увлекают за собой всю муть и осветляют вина. Бентониты одновременно снижают содержание в винах железа и меди, вызывающих болезни вин — железный касс и др.

Основные требования к бентонитам для виноделия (ТУ-100-121-60): высокая способность водопоглощения, набухаемости; 1%-ная водная суспензия не должна расслаиваться в продолжение 3—4 суток; после же добавления винной кислоты до рН 3 суспензия должна коагулироваться с образованием быстрооседающих хлопьев; содержание в бентоните железа не должно превышать 3%, кальция 2,5%.

Глава II

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Промышленные скопления бентонитов обязаны своим происхождением главным образом изменению разнообразных вулканогенных, вулканогенно-осадочных и реже интрузивных пород, а также продуктов их переотложения [69, 71]. Формирование минералов монтмориллонитовой группы и смешаннослойных образований с монтмориллонитовой составляющей происходило в самых разнообразных условиях на водосборных площадях путем субаэрального выветривания, подводного изменения вулканогенного материала и терригенных глинистых образований, а также в результате гидротермального изменения.

Месторождения бентонитовых глин Советского Союза могут быть сгруппированы в четыре генетических типа: аутигенные, терригенные, гидротермальные и образованные в корях выветривания. Они приурочены к двум типам литогенеза — гүмидному и эффузивно-осадочному [71].

Аутигенные месторождения

Аутигенные месторождения бентонитовых глин образованы в результате подводного изменения вулканического пепла, а также разнообразных вулканогенных пород и продуктов их переотложения.

Типичным представителем месторождений аутигенного генетического типа является Гумбрийское месторождение, расположенное в 2—2,5 км к ЮВ от курорта Цхалтубо, в окрестностях с. Гумбри.

Продуктивная толща бентонитовых глин Гумбрийского месторождения залегает между глауконитовыми и туфогенными песчаниками сеноманского возраста. Форма залегания пластовая; мощность пласта бентонита варьирует от 1,5 до 5 м. Первичным материалом, за счет которого образованы монтмориллонитовые глины-гумбрин, является вулканическое стекло. В глинах сохранены реликты пепловой структуры; небольшая часть стекла уцелела от процессов подводного разложения — гальмиролиза. Глины содержат примесь глауконита, совершенно свежего плагиоклаза, опала, органического вещества и др., кластическая примесь содержится в ограниченном количестве [38, 76, 105, 114].

Реликты свежего вулканического стекла, с характерными дугообразными формами, вполне достаточные для оптического изучения, обнаруживаются также в бентонитах Азкамарского, Заломенского, Первомайского (Магаданская область), Вахрушевского (о. Сахалин) и в некоторых месторождениях Азербайджана, Туркмении, Украины и Грузии. По показателям преломления реликтов стекла и пепла установлено, что за счет стекол кислого состава образовались бентониты Заломенского, Первомайского, Вахрушевского месторождений, а также некоторые сравнительно мелкие месторождения в Хабаровском крае, в Магаданской области, на Камчатке. Из стекол среднего состава образовались бентонитовые глины Ханларского и Алибайрамлинского (АзССР), Огланлынского, Азкамарского, Гумбрийского и других месторождений Закавказья и Средней Азии. По данным изучения в иммерсионных препаратах, содержание кремнезема в материнских стеклах этих бентонитов варьирует от 65 до 54%. Вулканического стекла основного состава пока не обнаружено ни в одном из известных месторождений аутигенного генетического типа.

В бентонитах некоторых месторождений и проявлений Кавказа и Дальнего Востока обнаруживаются реликтовые порфиновые лито-, витро- и кристаллокластические структуры. Имеются неоспоримые факты, что эффузивный вулканизм в пределах этих месторождений имел подводный характер. Изучение минеральных ассоциаций конечных продуктов изменения вулканогенных образований показывает, что в месторождениях бентонитов вулканогенного происхождения, относимых к этой подгруппе, самостоятельная роль гидротермальных растворов исключается [37, 69, 71].

Бентониты, образованные путем изменения эффузивных и вулка-

ногенно-осадочных пород, сравнительно с монтмориллонитовыми глинами, возникшими за счет пепла, несколько худшего качества.

Витрокластические, пемзовые и другие стекловатые разновидности вулканогенных материнских пород легче преобразуются в бентониты и они в меньшей степени загрязнены уцелевшими от диагенетических процессов первичными минералами эффузивных образований [69, 71].

В осадочных бентонитах аутигенного происхождения количество примеси к минералам монтмориллонитовой группы сравнительно небольшое.

Бентонитовые глины всех названных выше месторождений аутигенного генетического типа формировались в мелководных прибрежно-морских, озерных и лагунных бассейнах.

В возрастном отношении все аутигенные месторождения бентонитовых глин Советского Союза приурочены к меловым, палеогеновым и неогеновым отложениям. Среди них особняком стоят скопления бентонитов в Кузбассе (Заломенское месторождение) и в Красноярском крае (Камалинское), которые залегают в пермских угленосных отложениях.

Известно, что при подводном изменении — тальмиролизе, а также других процессах изменение вулканического стекла в трехслойные глинистые минералы с разбухающей кристаллической решеткой осуществляется в условиях щелочной среды. Этот процесс не может завершиться только действием морской воды, так как для этого требуется большой промежуток времени. Не исключается возможность, что скопления монтмориллонитовых глин образуются и при низких значениях рН. Условия, направляющие преобразование вулканогенного материала в монтмориллоиды, в пресноводных бассейнах создаются зоо- и фитогенным материалом, а также, возможно, адсорбцией щелочей на поверхности обломков вулканического стекла [68, 71].

В образовании глинистых осадков, наряду с характером транспортировки материала, природой бассейнов и начальным процессом диагенеза, значительную роль играют фактор времени и промежуточные процессы преобразования осадков в породы, вплоть до эпигенеза.

Терригенные месторождения

Терригенные месторождения бентонитовых глин образованы главным образом за счет переотложения монтмориллонитовых, гидрослюдистых и хлоритовых кор выветривания, а также в результате размыва гидротермальных месторождений бентонитов [70, 79].

В зависимости от вещественного состава продуктов кор выветривания, слагающих водосборные площади, фациальных условий водных бассейнов и степени изменения первичного материала, месторождения бентонитовых глин терригенного генетического типа можно разбить на несколько подтипов,

К первому подтипу относится Приманракская группа месторождений в Восточном Казахстане. В районе месторождений широко распространена древняя кора выветривания, развитая на пермских и девонских метаморфических вулканогенно-осадочных и гранитоидных породах [43, 68, 79].

В составе коры выветривания принимают участие в основном монтмориллонит-гидрослюдистые и кремнисто-карбонатные образования. Монтмориллонитовые и гидрослюдистые продукты субаэрального изменения с примесью кварца и хлорита более интенсивно развиты на пермских вулканогенных породах.

Бентонитовые глины, приуроченные к палеогеновым осадочным образованиям, слагаются из аркозовых песчаников, кварцевых песков, пестроцветных глин, кремнистых пород и известковистых глин. Глины бентонитового типа чередуются с ними и образуют довольно мощные пласты. Бентониты Таганского и всей Приманракской группы месторождений содержат около 90% монтмориллонита, остальная же примесь представлена кварцем, опалом, плагноклазом альбит-олигоклазового ряда, обесцвеченным биотитом, смешаннослойным образованием хлорит-монтмориллонитового типа, гидроксидами железа, кальцитом и др. В глинах хлорит, гидрослюда и каолинит не обнаружены, что указывает на их возможное диагенетическое изменение. В материнских бассейнах Приманракской группы месторождения превалировала щелочная среда и поэтому хлорит и гидрослюда преобразовались в монтмориллонит.

К тому же генетическому подтипу относятся бентониты Подсинского месторождения в Красноярском крае, Келесского в Казахстане и многие другие. Глины этих месторождений сравнительно низкого качества, что обусловлено быстрой седиментацией терригенного материала, его плохой отсортированностью и условиями физико-химического режима морских бассейнов [69, 79].

Представителями второго терригенного генетического подтипа являются бентониты Черкасской группы месторождений.

По данным украинских исследователей [14, 15, 92], первичными материалами черкасских глин служили палеозойские гранитоиды, амфиболиты, серпентиниты и продукты их субаэрального изменения. Такой разнообразный материал из водосборных площадей поступал в миоценовый мелководный бассейн. По количественному составу разных глинистых минералов на месторождении выделяются пять слоев бентонитовых и им подобных глин. Главными породообразующими минералами глин являются монтмориллонит, палыгорскит и гидрослюда. Однако исследователи черкасских бентонитов подчеркивают, что преобладающая часть монтмориллонита и гидрослюды формировалась в мелководных бассейнах, в условиях сильно щелочной обстановки. Такое мнение, по-видимому, в недостаточной степени обосновано, но высказанные ими генетические соображения по палыгорскитовым глинам заслуживают серьезного внимания. Они подчеркивают, что на водосборах разрушение амфиболитов, широксенитов и серпентинитов ограничивалось дисперга-

цией. Именно эти продукты механической денудации в своеобразных условиях водных бассейнов диагенетическим путем преобразовались в глинистый минерал — палыгорскит. В последнем обнаружены реликты амфиболовой спайности, а также разные стадии изменения исходного материала.

К третьему генетическому подтипу относятся те скопления бентонитовых глин, при формировании которых диагенетические процессы обуславливали разубоживание терригенного монтмориллонита. Это происходило в условиях кислой и слабокислой среды, имевшей место в материнских лагунных, озерно-болотных и других замкнутых бассейнах. Здесь вмещающие бентониты породы обогащены обугленными растительными остатками и вместе с тем содержат такую ассоциацию минералов, которая указывает на преобладание кислой среды бассейнов (особенно иловых вод), где осаждались глинистые продукты с преобладанием монтмориллонита. В таких условиях терригенный монтмориллонит не мог сохраниться и, по всей видимости, преобразовался в каолинит, галлуазит и другие минералы с двухэтажными слоями, которые обычно формируются при низких значениях рН [70, 71]. Частичное преобразование монтмориллонита в каолинит-галлуазитовый продукт наиболее хорошо выражено в бентонитовых глинах Ахалцхского (среди угленосной толщи) и Поволжской группы (Биклянского, Нурлатское, Смышляевское и др.) месторождений [68, 69, 70, 71, 76].

В отношении генезиса миоценовых бентонитовых глин Поволжья Н. В. Кирсанов и др. [57, 58] высказывают иную точку зрения. По их мнению, эти бентониты образовались за счет терригенного (аллотигенного), а также раскристаллизации коллоидно-дисперсного материала — продуктов разрушения монтмориллонитовых и гидрослюдистых пород, развитых на водосборных площадях; осадконакопление происходило в лагунно-морских и пресноводных слабощелочных озерно-болотных водоемах гумидной зоны. В процессе диагенеза происходило частичное преобразование гидрослюдистого минерала в монтмориллонит, что привело к увеличению его содержания по сравнению с содержанием в исходном материале.

Таким образом, при формировании месторождений бентонитов терригенного типа ощутимый отпечаток накладывается и диагенетическими процессами [28, 36, 69, 71, 76, 79].

Гидротермальные месторождения

Типичными представителями месторождений гидротермального генетического типа являются Цихисубанское и Ванискедское месторождения в Грузии, а также Саригюхское в Армении.

В бентонитах Цихисубанского, Ванискедского и других месторождений Асканской группы хорошо просматривается пемзовая структура материнских трахитовых пемзовых туфов. Глины характеризуются линзообразной формой залегания (между трахитом и туфобрекчиями эоцена), резкими переходами в материнские трахи-

товые туфы с явными следами гидротермальной пропилитизации. В бентонитах наряду с преобладающим монтмориллонитом содержатся плагиоклаз, биотит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, кристобалит, хлорит, цеолиты и др. [37, 38].

По вопросу генезиса этих бентонитов существуют разные мнения. Образования бентонитов одни увязывают с древней корой выветривания [4, 105, 107], другие считают их осадочными образованиями [132], а большинство исследователей склоняются к мнению о гидротермальном генезисе асканских бентонитов [37, 38, 39, 76, 114]. Г. С. Дзюценидзе и другими установлено, что изменение пемзовидных трахитовых туфов в монтмориллонитовые глины происходило под воздействием газов и паров, выделившихся из тех же вулканических очагов, откуда выбрасывались трахитовые туфы. Элементы поверхностного выветривания обнаруживаются как на Цихисубанском, так и на Ванискедском месторождениях. Этими субаэральными процессами верхние горизонты бентонитовой залежи из натриевых разновидностей (аскангель) преобразованы в кальцийсодержащие (в обменном комплексе) монтмориллониты (асканглина). Асканглина отличается от аскангеля постепенным исчезновением зеленовато-голубоватого цвета и реликтовой пемзовой структурой. Совершенно свежие зерна пирита, плагиоклаза и биотита, присутствующие в аскангеле, в значительной степени изменены в асканглине [37, 38].

На Саригюхском месторождении скопления высококачественных бентонитовых глин залегают среди верхнемеловых порфиритов андезито-базальтового состава, их туфов и частично бентонитизированных вулканогенных пород [116]. В пользу гидротермального происхождения саригюхских бентонитов, кроме условий залегания, говорят следующие факты: 1) наличие в бентонитах пирита, галенита, магнетита, пиролюзита, барита и других минералов; 2) постепенные переходы бентонитов в свежие порфириты; 3) в той или иной степени выраженная монтмориллонитизация вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород в приконтактных частях. На гидротермальный генезис указывают также расположенные на той же территории месторождения агата и марганца. Гидротермальные растворы, по всей видимости, были связаны с аналогичными по составу породами, за счет которых образовались саригюхские монтмориллонитовые глины.

Месторождения бентонитов, приуроченные к корам выветривания

На территории Советского Союза часто обнаруживаются монтмориллонитовые и особенно нонтронитовые продукты субаэрального изменения, но самостоятельных крупных месторождений бентонитовых глин этого типа пока не выявлено. Как отмечалось при характеристике терригенных месторождений бентонитов, для их формирования основными источниками служили монтмориллонитовые коры выветривания.

Однако на Приманракской группе месторождений и в других районах коры выветривания пока не могут рассматриваться как промышленные бентонитовые скопления, так как они значительно загрязнены другими глинистыми минералами и разными продуктами корообразования.

ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

По форме залежей, условиям залегания, выдержанности по мощности, вещественному составу и физико-химическим свойствам полезного ископаемого, определяющим расположение и плотность сети разведочных выработок, месторождения бентонитовых глин целесообразно подразделить на следующие типы.

I Месторождения пластовые и пластообразные, горизонтально залегающие и полого падающие, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого. Примерами этого типа могут служить месторождения бентонитов Гумбрийское, Саригюхское, Таганское и др.

II Месторождения пластовые и пластообразные, горизонтально залегающие и полого падающие, невыдержанные по мощности или по качественным показателям, а также закономерно изменяющиеся по мощности или качеству; к ним могут быть отнесены Азкамарское, Келесское, Биклянское, Нурлатское, Черкасское и другие месторождения бентонитов.

III Месторождения пластовые и пластообразные, с крутыми углами падения, а также залежи линзообразной формы, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого. К этому типу относятся месторождения Цихисубанское, Ванискедское и другие месторождения Асканской группы, Огланлыньское и т. д.

IV Месторождения пластовые и пластообразные с крутым углом падения, а также залежи линзообразной и неправильной формы, невыдержанные по мощности и качественным показателям полезного ископаемого; к ним относятся Нальчикское, Вахрушевское и др.

V Месторождения очень сложного строения, линзообразные, гнездообразные, пластообразные, сильно дислоцированные и неправильной формы с изменчивой мощностью и качественными показателями (Подсинское и др.).

В соответствии с классификацией запасов твердых полезных ископаемых все месторождения по требуемому соотношению запасов различных категорий для составления проектов и выделения капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию старых действующих горнодобывающих предприятий подразделяются на три группы [61].

Группа I — месторождения (участки) простого строения с выдержанной мощностью тел полезных ископаемых и равномерным распределением полезных компонентов. Для месторождений этой

группы не менее 30% запасов должно быть разведано по категориям А и В, в том числе не менее 10% по категории А.

Первой группе соответствуют пластовые и пластообразные, горизонтально и полого залегающие, а также месторождения с крутым углом падения, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого.

Группа II — месторождения (участки) сложного строения с невыдержанной мощностью тел полезных ископаемых или неравномерным распределением полезных компонентов, на которых выявление запасов полезных ископаемых категорий А в процессе детальной разведки нецелесообразно вследствие очень высокой стоимости разведочных работ. Для месторождений этой группы не менее 20% запасов должно быть разведано по категории В.

Второй группе соответствуют пластовые и пластообразные месторождения с невыдержанным строением и мощностью полезной толщи и изменчивыми качественными показателями полезных компонентов, а также залежи линзообразной и неправильной формы с изменчивой мощностью и непостоянным качеством глин.

Группа III — месторождения (участки) очень сложного строения, с резко изменчивой мощностью тел полезного ископаемого или с невыдержанным содержанием полезных компонентов, на которых в процессе разведки нецелесообразно выявлять запасы категории В. Проектирование горнодобывающих предприятий и выделение капитальных вложений на строительство и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий допускается на базе запасов категории С₁.

Группе III соответствуют месторождения с резким изменчивым строением, мощностью и качеством полезного ископаемого, а также месторождения неправильной формы, залегающие в сильно дислоцированных участках. Месторождения бентонитовых глин группы III не имеют промышленного значения, и поэтому их разведка не рекомендуется.

Глава III

МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Геологоразведочные работы на бентонитовые глины проводятся согласно «Методическому указанию по проведению отдельных этапов геологоразведочных работ», утвержденному Министерством геологии и охраны недр СССР в 1961 г. Исходя из этого методического указания, для изучения бентонитовых глин обычно предусматриваются следующие стадии работ: геологическая съемка, поиски, поисково-разведочные работы, предварительная разведка, детальная разведка и эксплуатационная разведка. Выполнение всех перечисленных стадий не всегда обязательно. Оно определяется

степенью и масштабом геологической изученности районов и самого месторождения.

Проект на производство геологоразведочных работ составляется согласно инструкции, утвержденной Министерством геологии и охраны недр СССР в 1962 г. [51].

Геологосъемочные работы проводятся в масштабах 1 : 50 000, 1 : 25 000 с целью детального изучения геологического строения района, условий нахождения полезных ископаемых, установления поисковых критериев и признаков для выявления месторождений и выбора участков для постановки поисково-разведочных работ. Геологическая съемка не обязательна в случаях, если имеется геологическая карта с хорошо разработанной стратиграфической схемой. В последнем случае организуются поисковые работы и на карту наносятся все проявления и месторождения глин.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

При проведении поисковых работ руководствуются стратиграфическими, литологическими, тектоническими и геоморфологическими критериями.

Ряд факторов, основанных на анализе литературного материала по вулканизму, литологии и фациально-палеогеографическому анализу, а также общие генетические соображения, рассмотренные выше, позволяют считать, что месторождения наиболее качественных бентонитовых глин могут быть обнаружены в областях распространения мелового и кайнозойского вулканизма. К перспективным районам в первую очередь относятся территории Закавказья и Дальнего Востока. В частности, на Дальнем Востоке бентониты можно искать по всей полосе восточной и северо-восточной частей Тихоокеанского пояса, начиная от южных границ Сахалина до северо-западных границ Магаданской области. Особый интерес представляют меловые и третичные вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования и продукты их переотложения. Бентониты в первую очередь могут быть обнаружены в прибрежно-морских фациях, в лагунных, торфяных и даже пресноводных отложениях.

Состав вулканогенных продуктов не имеет решающего значения. Определяющими условиями для формирования бентонитов следует считать: условия медленной седиментации, сравнительно растянутый период вулканической деятельности, продолжительное время соприкосновения осадочного материала с морской водой, сравнительная геоморфологическая старость водосборных площадей и природа органического мира.

При благоприятных условиях литогенеза терригенные гидрослюды и хлориты в условиях щелочной среды могут быть преобразованы в монтмориллоноиды. В угленосных отложениях такого типа глины должны быть худшего качества из-за их возможной каолинизации в кислой среде.

Для терригенных месторождений труднее разработать поисковые критерии, так как не всегда возможно предугадать степень изменения состава глинистых образований в пределах источника сноса, условия переотложения и литогенеза. Вместе с тем бентониты переотложенных месторождений по качеству заметно уступают бентонитам, сформировавшимся в условиях аутогенеза. В числе бентонитов, в образовании которых преобладают черты обломочного генезиса, наиболее качественным сырьем являются таганские глины бентонитового типа. Глины всех других известных месторождений (Ахалцихское, Подсинское, Биклянское, Нурлатское, Смышляевское и др. в Поволжье) невысокого качества, так как они в продолжение длительного времени формировались в сложных и вместе с тем разнообразных физико-химических и фашиально-палеогеографических условиях.

Тектонические признаки имеют важное значение. В районах, где интенсивно проявляются дизъюнктивные нарушения, горные породы очень трещиноваты, и поэтому глины загрязнены вторичными продуктами. Вместе с тем маловероятно обнаружение здесь месторождений с выгодными горнотехническими условиями разработки.

Помимо общих поисковых необходимо иметь в виду и геоморфологические признаки. Так, в районах распространения бентонитов часто имеют место оползневые явления, способствующие образованию своеобразного рельефа.

Следует отметить, что глинам терригенного типа сравнительно редко присущи такие свойства качественных бентонитов, как интенсивное набухание в воде, характерные трещины усыхания, своеобразная структура в приповерхностных выходах, напоминающая цветную капусту, жирность на ощупь, мыловидный облик, раковистый излом и т. д. На указанные свойства следует обращать серьезное внимание при поисках, а тем более при съемочных работах и глубоком бурении.

Наряду с корреляцией отдельных пачек и воспроизведением условий осадконакопления определение вещественного состава глинистых пород позволит выявить как бентонитовые, так и другие глины. Для типизации глин нет необходимости производить дорогостоящие анализы, так как существующие полевые методы позволяют определить состав преобладающих глинистых минералов (см. гл. IV).

Промышленные скопления осадочных бентонитовых глин встречаются как в геосинклинальных, так и в платформенных областях. В последних высококачественные бентониты чаще можно ожидать там, где в сравнительно мелководных бассейнах накапливался вулканический пепел.

Месторождения бентонитовых глин, образованные в результате гидротермальной деятельности и в субаэральных условиях в пределах древних кор выветривания, также могут быть обнаружены в первую очередь в районах распространения интрузивных и особенно

эффузивных пород как в первичном, так и во вторичном их залежании.

ПОИСКИ

Задачей геологопоисковых работ является общая оценка перспектив района, выявление и предварительное изучение месторождений бентонитов, установление его стратиграфического положения в разрезе и оконтуривание перспективных площадей для более детального изучения полезного ископаемого.

Основными методами поисковых работ при наличии геологической карты крупного масштаба являются маршрутные пересечения, которые задаются вкрест простирания пород, по возможности параллельно и на равных расстояниях друг от друга (0,5—1 км). Они намечаются предпочтительно по ущельям рек, оврагам и склонам.

Геологопоисковые работы проводятся на топографической основе масштаба 1 : 50 000—1 : 10 000. Поиски сопровождаются проходкой мелких горных выработок — шурфов, канав и расчисток.

В поисковой стадии работ выявляются месторождения (участки) с благоприятными горнотехническими условиями и могущие быть разработанными открытым способом и в исключительных случаях подземным.

При необходимости использования геофизических методов исследования наиболее удобно применять вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и электропрофилирование. Эти методы позволяют наиболее эффективно определять глубину залежи, контуры распространения и рельеф поверхности подошвы полезной толщи.

Оценка бентонитовых глин в этой стадии работ производится изучением послонных проб, отобранных в горных выработках и обнажениях. Пробы отбираются в количестве, которое было бы достаточным для предварительной качественной характеристики каждого выделенного пласта (слоя), но не менее 2—3 проб. Максимальный интервал опробования 0,5—1 м, при большой мощности и однородности толщи полезного ископаемого — 2—3 м (см. гл. IV).

В результате поисковых работ дается общая оценка глин в смысле перспективности использования их в определенных отраслях промышленности. Перспективные запасы бентонитов определяются по общим геологическим соображениям и должны служить основанием для проектирования дальнейшей разведки.

На основании данных, полученных при поисковой работе, выбираются участки или площади для постановки поисково-разведочных работ.

Поиски месторождений бентонитовых глин проводятся в том случае, если при геологической съемке бентонитам не было уделено должное внимание.

ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

В задачу поисково-разведочных работ входит более детальное изучение выявленного месторождения, установление возможного промышленного использования и подсчет запасов по категории C_2 . Поисково-разведочные работы проводятся на топографической основе масштаба 1:25 000—1:1000. Составляется геолого-литологическая карта месторождения.

Поисковую разведку необходимо вести на нескольких участках или площадях месторождения, чтобы иметь возможность выбрать месторождения под предварительную разведку.

Выбор метода поисково-разведочных работ зависит от типа месторождений, мощности пласта полезного ископаемого и вскрыши, формы залежи, условий залегания, рельефа местности, изменчивости качества глин и др.

Горизонтально залегающие или пологопадающие пластовые месторождения лучше прослеживать параллельными разведочными линиями при расстоянии между линиями и выработками 400—500 м. Крутопадающие пластовые месторождения прослеживаются выработками, расположенными по параллельным разведочным линиям вкрест простирания через 200—300 м. Расстояния между выработками на линии определяются углами падения пластов и необходимостью увязки отдельных пластов друг с другом.

На данном этапе работы пробы отбираются с таким расчетом, чтобы иметь два или три полных разреза, охватывающих всю мощность полезной толщи. Пробы берутся во всех выработках из каждой макроскопически выделяющейся разновидности глины. Для лабораторного исследования отбираются пробы весом 2—3 кг.

При ведении документации горных выработок и обнажений дается подробное описание бентонитовых глин и вмещающих пород.

В результате обработки собранных материалов при поисковой разведке дается общая перспективная оценка района в целом и выделяются отдельные месторождения для проведения предварительной разведки. При этом предпочтение надо отдать месторождению, на котором можно организовать открытую механизированную добычу.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Предварительная разведка проводится в объеме, достаточном для составления предварительной геологопромышленной оценки месторождения и разработки временных кондиций для оперативных подсчетов запасов на стадии детальной разведки. Запасы подсчитываются по категориям C_2 , C_1 и реже В.

Разведка производится на нескольких месторождениях или площадях, выявленных при поисковых и поисково-разведочных работах, с целью обеспечения возможностей выбора для детальной раз-

ведки участков лучших по количественным и качественным показателям глин. Технологические и физико-химические свойства глин должны быть определены достаточно точно. Устанавливается возможность комплексного использования бентонитов.

Разведка месторождений проводится шурфами, канавами, скважинами колонкового бурения; при крутом падении полезной толщи и благоприятных условиях рельефа могут быть заложены штольни и наклонные скважины.

Практика показала, что разведку месторождения бентонитов до глубины 10 м наиболее рентабельно вести шурфами, свыше 10 м — скважинами колонкового бурения. Надо иметь в виду специфические свойства некоторых типов бентонитовых глин. Так, щелочные глины типа аскангеля сильно набухают во влажном состоянии, благодаря чему по стенкам шурфов развивается сильное давление. При этом даже сплошным венцовым креплением трудно удерживать шурфы. По той же причине затрудняется проходка подземных выработок. В таких случаях и до глубины 10 м пласт бентонита прослеживается скважинами колонкового бурения. Для предотвращения размытия керна рекомендуется подъем колонки производить короткими рейсами, примерно в 0,5 м; при достаточной плотности глин допускается подъем керна в 1—2 м. Бурение по пласту бентонитовых глин производится без глинистого раствора. Выход керна по полезному ископаемому должен быть не менее 80%. При выходе керна ниже 80% данные скважины сопоставляются с данными горных выработок или закладывается параллельная скважина.

При разведке месторождений бентонитов обычно применяются следующие буровые станки: ЗИВ-300, ЗИВ-150 и СБУ-150, начальный диаметр скважины 127 мм, конечный 112 мм, что обеспечивает получение необходимого количества глины для лабораторного изучения.

Горизонтальные и пологопадающие пласты бентонита обычно разведываются выработками, заложенными по правильной квадратной сети. Расстояние между выработками для месторождений типа 1а группы I промышленной классификации рекомендуется 200—300 м, для типа 2а группы II 70—150 м (табл. 2).

Разведка месторождений бентонитов с крутыми углами падения производится выработками, расположенными по параллельным разведочным линиям, ориентированным вкрест простирания. Расстояние между линиями 150—200 м, а между выработками на линиях — 25—70 м (см. табл. 2).

При сильно изменчивой мощности вскрыши во всех случаях закладываются дополнительные выработки (шурфы, скважины, канавы) с уменьшенным вдвое расстоянием между ними и основными выработками. На данной стадии разведки определяется максимально допустимая мощность вскрыши и минимально допустимая мощность полезного ископаемого. Обычно рентабельной разработке открытым способом могут подвергаться месторождения глин, имеющие величину допустимого соотношения мощностей вскрыши и по-

лезного ископаемого 0,5:1—1:1. В зависимости от состава пород вскрыши, возможности их утилизации, горнотехнических условий разработки, транспортных условий и масштаба месторождения допускается некоторое отклонение; при этом величина допустимого соотношения мощностей пород вскрыши и полезного ископаемого не должна превышать 6:1, а абсолютная мощность вскрыши — не более 20 м.

Следует отметить, что мощность вскрыши на Гумбрийском месторождении нередко достигает 70 м и более, но открытым способом разрабатывается та часть месторождения, где мощность вскрышных пород не превышает 15—20 м (при средней мощности пласта гумбрина 3 м соотношение мощностей вскрыши и полезного ископаемого составляет 5:1—6:1), свыше 20 м вскрыши месторождение гумбрина разрабатывается подземным способом, причем минимальная допустимая мощность пласта гумбрина по проекту 1,3 м.

Минимальная мощность полезного ископаемого при открытом способе разработки может быть 1—1,5 м.

При предварительной разведке устанавливаются дебит воды и уровень водоносных горизонтов, качество воды и влияние поверхностных вод на обводнение месторождений и т. д.

Предварительная разведка производится на инструментальной топографической основе масштаба 1:5000—1:1000. В этом масштабе составляется и геолого-литологическая карта месторождения с соответствующими разрезами.

Месторождения на этой стадии разведки опробуются во всех разведочных выработках, пересекающих толщу полезного ископаемого. Пробы отбираются из стенок выработок бороздовым способом, а также в виде керны из скважин колонкового бурения (см. гл. IV). Каждый выделенный тип должен характеризоваться 4—5 пробами. Места взятия проб отмечаются на разрезах, составляемых по разведочным линиям.

При предварительной разведке месторождений пробы из спорных выработок подвергаются технологическим испытаниям на стадии I этапа исследований (см. гл. IV).

Эксплуатация месторождений механизированным открытым способом экономически эффективна в том случае, когда запасы полезного ископаемого могут обеспечивать горнодобывающее предприятие на амортизационный срок (20—25 лет). Для определения необходимого количества сырья нужно иметь данные о потребном количестве товарной продукции от планирующих организаций.

При предварительной разведке должны быть собраны следующие исходные данные для составления технико-экономического доклада (ТЭД): соотношение мощностей вскрышных пород и полезного ископаемого, минимальная допустимая мощность полезного ископаемого для открытых и подземных разработок, условия залегания полезной толщи, горнотехнические, транспортные и гидрогеологические условия, область и виды применения бентонитовых

глин, возможность использования отходов, данные для разработки временной кондиции, предварительные соображения о способах разработки месторождений и т. п.

ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Основными задачами детальной разведки являются: уточнение условий залегания и строения полезной толщи, пространственного распространения полезного ископаемого в толще, установление геологических и горнотехнических условий разработки, а также характера, размера и морфологии месторождения, изучение физико-химических и технологических свойств бентонита, определение типа месторождения и установление промышленных сортов глины, изучение изменчивости мощности полезного ископаемого и качественных показателей по падению и простиранию и, наконец, определение запасов бентонитовых глин по категориям А, В, С₁.

При проведении разведочных работ на бентониты необходимо учитывать задания промышленных или проектных организаций.

В задании должны быть отмечены следующие исходные положения: а) запасы, необходимые для предприятия на амортизационный срок, соотношение мощностей вскрыши и полезной толщи, б) минимальная мощность пласта (слоя), по которому рентабельно организовать эксплуатацию, в) глубина разработки месторождения и т. п.

Запасы по категориям А+В (для I группы) должны составлять не менее 30% от общего количества (А+В+С₁), в том числе не менее 10% по категории А. С целью увеличения мощности предприятия, помимо промышленных запасов, необходимо определить также перспективные запасы. Соотношения запасов различных категорий, указанные выше, относятся только к месторождениям, передаваемым промышленностью. При этом запасы по категории А должны быть разведаны на участке, подлежащем разработке в первую очередь [61].

При детальной разведке месторождений полезная толща пересекается разведочными выработками на всю мощность или до горизонта предполагаемой эксплуатации. Полезная толща подвергается геолого-литологическому изучению, устанавливается пространственное положение бентонитовых глин и выделяются отдельные горизонты кондиционного сырья. Составляется тщательная документация всех выработок и естественных обнажений, а также профили по разведочным линиям, на которых отмечаются места взятия проб.

Разведка производится на основе инструментальной топографической съемки масштаба 1:1000—1:2000. На топографической основе составляются литологическая карта и разрезы по разведочным линиям; подсчитываются запасы сырья.

В процессе детальной разведки должны быть наиболее подробно изучены гидрогеологические условия месторождения. Разведоч-

ные выработки задаются, как правило, по системе предварительной разведки со сгущением сети выработок для перевода запасов в высшие категории.

Выбор вида разведочных выработок и их размещение на разведываемой площади должны обеспечить наиболее полное изучение месторождения и его промышленную оценку.

Крутопадающие пласты разведываются наклонными скважинами колонкового бурения и штольнями (если позволяет рельеф).

Расположение выработок и плотность разведочной сети должны ориентироваться в каждом отдельном случае с учетом геологических особенностей месторождения (морфология, размер залежи и др.). Ориентировка разведочной сети, расстояния между выработками, вероятное направление наибольшего изменения мощности и качественных показателей зависят от элементов залегания и морфологии залежи.

В качестве примера приведем Гумбрийское месторождение бентонитовых глин, которое состоит из четырех самостоятельных участков: Мхеидзесеули, Мурталисеули, Кечнара и Барбацминда. Они разведывались по правильной квадратной сети, с расстоянием между выработками на участках Мхеидзесеули и Мурталисеули для подсчета запасов категории А — 50 м, категории В — 50—100 м, категории С₁ — 100—300 м. Такая же сеть разведочных выработок была принята при разведке Баноджского (Грузинская ССР) месторождения бентонита.

На участке Кечнара расстояние между выработками для подсчета запасов категории А составляло 40—50 м, категории В — 80—100 м, С₁ — 150—300 м, на участке Барбацминда для категории А — 40 м, В — 50—100 м.

Расстояние между разведочными линиями при разведке участков Цихис-убани и Мтис-Пирн для подсчета запасов категории А составляло 60—80 м, а между выработками на линиях 40 м.

Саригюхское месторождение бентонита (Армянская ССР) было разведано по сетке 50—100 м для подсчета запасов категории А и 100—150 м для подсчета запасов категории В.

При разведке Огланлынского месторождения (Туркменская ССР) расстояние между выработками было 147—238 м для подсчета запасов категории А и 400 м — для категории В.

Любинское месторождение (Омская область) разведано по сетке 50 м для подсчета запасов категории А, 100 м для В и 200 м для С₁.

При разведке Подсинского месторождения (Красноярский край) расстояние между выработками для подсчета запасов категории В было 25 м, а между разведочными линиями 100 м, для подсчета запасов категории С₁ — 110—220 м.

Обобщение результатов разведочных работ, проведенных на Гумбрийском, Саригюхском, Огланлынском, Цихисубанском, Ванискедском, Подсинском (Гризеровском), Ханларском, Горбском, Биклянском, Нурлатском, Черкасском и других месторождениях

бентонитовых глин показывает, что расстояние между разведочными выработками по десяти месторождениям для подсчета запасов по категории А составляет 50—90 м, по категории В — 90—140 м и С₁ — 200—300 м. По другим месторождениям расстояние между разведочными выработками колеблется в следующих пределах: А — 40—66 м, В — 70—90 м и С₁ — 150—200 м.

В табл. 2 приводятся расстояния между разведочными выработками, которые рекомендуются при разведке месторождений бентонитовых глин. Такая плотность разведочной сети основана на фактических результатах, полученных при разведке разнотипных месторождений бентонитовых глин СССР. Эти данные являются в некоторой степени ориентировочными и могут быть изменены в зависимости от геологических факторов; вместе с тем они расходятся с данными, приведенными в Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям глинистых пород [52]. Рекомендуемая авторами плотность разведочной сети обусловлена также специфическими особенностями бентонитовых глин.

Месторождения бентонитовых глин с выдержанными качественными показателями на больших площадях и выдержанной мощностью (месторождения группы I, см. табл. 2) следует разведывать правильной квадратной или какой-либо другой правильной сетью выработок, плотность которой зависит от степени выдержанности полезной толщи.

При разведке месторождений, относимых к I группе и типу 1а, расстояния между выработками для подсчета запасов по категории А могут быть 50—80 м, для категории В — 100—150 м.

При разведке месторождений типа 1б расстояния между разведочными выработками для категории А 40—70 м, для В — 70—100 м. В случае удлиненной формы залежи разведочные линии должны быть заложены вкрест простирания.

При разведке месторождений II группы не предусматривается определение запасов свыше категории В.

Для оконтуривания вскрышных пород и определения их мощности нужно предусмотреть дополнительные выработки между разведочными линиями и выработками. В случае сложного рельефа поверхности полезной толщи расстояния между выработками сокращаются вдвое по сравнению с расстоянием между выработками основной сети. С целью оконтуривания зон смятия, выветривания и нарушения, оползневых явлений и др. также задаются дополнительные выработки.

На основании литологического изучения и послойного расчленения толщи полезного ископаемого определяются интервалы отбора рядовых проб. Каждый визуально выделенный слой подвергается опробованию, причем опробованный пласт (слой) должен иметь минимальную мощность, приемлемую для проектирования горнодобывающего предприятия (для гумбрина, например, минимальная мощность определена в размере 1,3 м).

В случае большой мощности полезного ископаемого и его одно-

Расстояние между разведочными выработками

Группа месторождений	Типы месторождений	Расстояние между выработками (в м) для категории запасов		
		A	B	C ₁
I	1. Месторождения пластовые и пластообразные а) Горизонтально залегающие и пологопадающие, выдержанные по строению, мощности и качественным показателям б) Пластовые, крутопадающие и линзообразные, выдержанные по строению, мощности и качеству. К этому подтипу относятся также месторождения, закономерно изменяющиеся по мощности или качественным показателям полезного ископаемого	50—80	100—150	200—300
II	2. Месторождения пластовые и пластообразные а) Горизонтально залегающие и пологопадающие, невыдержанные по строению, мощности и качеству б) Пластовые, крутопадающие и линзообразные, невыдержанные по строению, мощности и качественным показателям, а также залежи неправильной формы	—	40—60	70—150
		—	25—50	50—100

родности по визуальной оценке отбираются посекционные пробы (см. гл. IV). При наличии в полезной толще пустых пород в виде пропластков необходимо принять решение о включении или исключении их из опробуемой секции. Общепринятых решений для этого случая нет. Если пустая порода имеет мощность 0,5 м и более и по внешним признакам может быть выделена и удалена без труда, то ее нужно исключить при взятии пробы. В противном случае такие пропластки подлежат опробованию вместе с основным слоем.

Одновременно опробуются вмещающие породы с целью определения их возможного использования.

При проведении геологоразведочных работ и технологических испытаний проб должны быть выяснены возможности направления использования отходов добычи.

Для подсчета балансовых запасов разрабатываются промышленные кондиции, в которых указываются: требования промышленности по отдельным сортам глины, допускаемая глубина эксплуатации; вместе с тем выделяются участки открытых и подземных работ, определяются мощности прослоев пустых пород, подлежа-

щих включённую в полезную толщу и прослоев, подлежащих удалению в отвал, определяется максимальное допустимое соотношение мощностей вскрыши и полезной толщи и минимальная допустимая мощность полезного ископаемого.

Подсчет запасов производится обычными методами, применяемыми в практике разведки нерудных полезных ископаемых. Выбор метода подсчета запасов зависит от типа месторождения, условий залегания, выдержанности качественных показателей и мощности пластов бентонитовых глин, а также от густоты сети разведочных выработок и т. д.

Для подсчета запасов бентонитов наиболее приемлемыми являются методы ближайшего района, среднего арифметического и разрезов (линейных сечений).

Метод ближайшего района применяется в том случае, когда требуется выделить запасы по отдельным технологическим сортам или типам глин. При правильной квадратной сетке разведочных выработок подсчет запасов производится методом среднего арифметического.

Наряду с подсчетом запасов по категориям А, В, С₁, С₂, для оценки потенциальных возможностей полезной толщи на основе общих геологических представлений определяются также и прогнозные запасы.

Геологические отчеты составляются с соблюдением правил Инструкции ГКЗ [53].

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА

При разработке месторождений бентонитовых глин, особенно месторождений с невыдержанными мощностями и качественными показателями, эксплуатационная разведка является совершенно необходимой. При эксплуатационной разведке уточняются рельеф поверхности кровли и почвы полезной толщи, имеющие большое значение для устройства рудничного откаточного пути. Вместе с тем уточняются гидрогеологические и инженерно-геологические данные для борьбы с подземными водами и оползневыми явлениями; оконтуриваются на участках первоочередной разработки отдельные сорта глины.

Для каждой отрасли промышленности требуется товарная продукция вполне определенного качества, поэтому устанавливается систематический контроль при добыче путем отбора позабойных проб и их изучение в лаборатории рудоуправления.

При эксплуатационной разведке составляется документация опробованных, подготовительных и очистных выработок. По результатам эксплуатационной разведки ведется текущее производственное планирование работ и контроль за ходом добычи, направляются подготовительные и очистные выработки и устанавливается очередность разработки отдельных участков месторождения.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

Гидрогеологическое изучение месторождения входит в комплекс геологоразведочных работ и проводится на всех стадиях разведки.

В стадии поисковых работ производится гидрогеологическая съемка района распространения месторождений бентонитовых глин, целью которой являются регистрация и обследование всех источников поверхностных и подземных вод, установление области питания подземных вод, определение уровней основных водоносных горизонтов, сбор материалов по количеству выпадающих ежемесячно осадков и сведений по среднемесячной и годовой температуре.

В стадии предварительной и детальной разведки подробно изучаются гидрогеологические условия разведываемого участка, определяются и опробуются все водоносные горизонты, устанавливаются химический состав, коэффициент фильтрации, дебит воды и ее температура.

Гидрогеологические наблюдения проводятся как в разведочных скважинах и горных выработках, так и в специальных опытных скважинах и шурфах, которые закладываются в точках, являющихся наиболее характерными по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям. Во всех скважинах проводятся наблюдения за интенсивностью поглощения промывных вод при бурении. Одновременно проверяются физико-механические свойства водоносных и водоупорных пород.

В результате подробного наблюдения за гидрогеологическим режимом устанавливается: количество и мощность водоносных горизонтов с характеристикой их литологического состава, глубины залегания и фильтрационных свойств. Намечаются мероприятия по борьбе с вероятным притоком воды в эксплуатационных горных выработках.

Важность изучения гидрогеологических условий общезвестна, но для оценки месторождений бентонитовых глин такое изучение является особенно важным, так как бентониты под действием влаги интенсивно набухают и тем самым значительно усложняют разработку месторождения.

Глава IV

МЕТОДИКА ОПРОБОВАНИЯ И ЛАБОРАТОРНОГО ИЗУЧЕНИЯ

ОСОБЕННОСТИ ОПРОБОВАНИЯ БЕНТОНИТОВ

Опробование бентонитовых глин является наиболее важным и сложным этапом геологоразведочных работ и оценки их месторождений. По сравнению с каолиновыми, огнеупорными и другими глинами бентониты подвергаются разностороннему и довольно слож-

ному физико-химическому и технологическому изучению. Наряду с определением типа бентонитовых глин, они должны быть подвергнуты комплексной оценке с целью определения возможности их использования в различных направлениях. Изучение бентонитов производится в три этапа.

I этап. На первом этапе изучаются рядовые пробы. В первую очередь необходимо дать визуальную оценку и определить набухаемость, дисперсность и обменную емкость. Это позволит ориентировочно выявить тип бентонита и в зависимости от этого наметить дальнейший ход технологического изучения.

Дисперсность определяется как в естественном виде, так и после обработки натриевыми солями; это особенно важно для бентонитов, которые в природном виде дают низкий выход тонкодисперсной фракции с размерами частиц менее 1,5 мк.

На этом этапе изучения бентонитов обменная емкость определяется упрощенными методами. К ним относятся ускоренные методы ВСЕГИНГЕО [16, 64] с применением органического красителя метиленового голубого и КИМС, основанный на титровании глинистой суспензии олеатом калия [122]. Из них первый более быстрый и экономичный.

Бентонитовые глины с минимальным содержанием карбонатов и сульфатов, интенсивно набухающие в воде, с высокими выходами тонкодисперсной коллоидной фракции в природном виде и высокой обменной емкостью (свыше 60 мг·экв на 100 г глины) должны быть детально изучены с точки зрения их возможного использования для изготовления высококачественных глинистых растворов и в некоторых других областях (химическая промышленность, сельское хозяйство и др.).

Бентониты с меньшей набухаемостью и низким выходом тонкодисперсной фракции, но с высоким показателем обменной емкости изучаются главным образом в качестве минеральных адсорбентов, а также для производства глиняных катализаторов. Такие глины в отдельных случаях могут также быть использованы для буровых растворов, однако необходима добавка определенного оптимального количества кальцинированной соды или других натриевых солей, что предварительно устанавливается лабораторными опытами. Бентониты, которые при добавлении натриевых солей незначительно снижают удельный вес растворов, могут быть использованы в буровых растворах как местное сырье. При этом расход глины на 1 м³ раствора будет в 3—4 раза больше по сравнению с щелочным бентонитом.

Глины с низкими показателями дисперсности в природном виде и после обработки натриевыми солями (выход фракции с размерами частиц 1,5 мк ниже 30%), а также с низкой обменной емкостью могут быть использованы в литейном производстве в качестве связующих материалов, а также для производства легкого заполнителя бетона — керамзита. Такие глины должны быть в первую очередь изучены в этих направлениях.

II этап. На основании полученных данных по визуальной оценке, а также определения дисперсности и обменной емкости более детальному изучению подвергаются объединенные пробы. Объединять рекомендуется смежные и близкие по качеству пробы в пределах одного послонного литологического разреза в интервале не более 5 м. Объединение проб возможно также по одному пласту в соседних 2—3 выработках.

Для точной технологической типизации бентонитов на втором этапе лабораторного изучения необходимо определять состав обменных катионов по ускоренному методу КИМС [122]. Полученные результаты в совокупности с данными дисперсности в природном виде и после обработки солями позволяют разбить исследуемые глины на отдельные типы и разновидности бентонитов — щелочные и щелочноземельные.

Для щелочных бентонитов в первую очередь определяются основные показатели их водной суспензии — удельный вес при стандартной вязкости, содержание песка, выход раствора из единицы веса и др. по принятой методике для глинистых растворов (ТУ-64). Первоочередность такого изучения обусловлена большой потребностью в высококачественных бентонитах для буровых растворов. Наряду с этим такие глины с успехом могут быть использованы в сельском хозяйстве, в тонкокерамической, фармацевтической, винодельческой, бумажной промышленности и других областях народного хозяйства.

Для определения возможности использования щелочных бентонитов в указанных областях, кроме буровой техники, в каждом конкретном случае проводится их детальное изучение в специализированных лабораториях. Изучению в отмеченных направлениях подвергаются технологические пробы.

Щелочноземельные бентониты изучаются на предмет их возможного использования в качестве сорбентов, а также катализаторов. Для этого определяются их сорбционные свойства на нефтепродуктах, растительных маслах и др. Изучение проводится как в природном виде, так и после химической, термической и других видов обработки. Бентониты данного технологического типа одновременно изучаются как сырье для буровых растворов, но с обязательной обработкой кальцинированной содой или другими натриевыми солями.

Для определения вещественного состава, контроля результатов, полученных при первом и втором этапах лабораторного изучения и окончательной типизации бентонитов, 5% объединенных проб подвергается:

1) микроскопическому изучению в прозрачных шлифах и в иммерсионных препаратах (ведется на типичных разностях, в штуфах и характерных участках);

2) определению обменной емкости и состава обменных катионов (раздельно Na, K, Ca, Mg) классическим методом;

3) рентгеноструктурному анализу в больших камерах или на дифрактометре;

4) термическому анализу (кривые нагревания и потери веса);

5) химическому анализу с определением: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , SO_3 , $-\text{H}_2\text{O}$, $+\text{H}_2\text{O}$, п. п. п.; в отдельных случаях определяются CO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , V_2O_5 , органический углерод и др. Определение редких и рассеянных элементов производится полуколичественным спектральным анализом.

Из указанного количества (5%) детально исследуемых проб около 50% изучаются указанными методами в тонких фракциях с размерами частиц менее 1—1,5 мк. Фракции выделяются либо отмеченным выше дисперсным анализом, либо методом отмучивания, предложенным М. Ф. Викуловой [84].

Аналогично изучаются рядовые пробы, отобранные из 2—3 наиболее характерных послонных литологических разрезов. При этом дополнительному петрографическому изучению подвергаются также вмещающие породы полезного ископаемого.

По мере получения экспериментальных данных 10% объединенных проб подвергается внутреннему контролю с определением всех указанных выше показателей, за исключением минералогического анализа. При расхождении данных изучения по второму этапу и контрольных анализов делают повторные определения; 5% объединенных проб направляется в авторитетные лаборатории для внешнего контроля.

III этап. На данном этапе производятся полузаводские испытания бентонитовых глин для промышленной их оценки.

Технологические пробы отбираются для вновь разведываемых месторождений, а также в том случае, когда на эксплуатируемом месторождении вскрыт новый сорт глины, и, наконец, при переходе на новые технологические способы переработки глин. Если разведка ведется на новом участке разрабатываемого месторождения с целью прироста запасов полезного ископаемого, в этом случае нет необходимости в отборе технологической пробы и ее полузаводском испытании.

Технологическая проба должна отвечать среднему составу и свойствам полезного ископаемого по месторождению (участку) в целом. Технологические пробы, как правило, отбирают по сортам глин, если возможна их раздельная добыча. Вместе с тем отбор технологических проб производится в той части месторождения (участка), которая по горнотехническим условиям может служить объектом первоочередной эксплуатации. Окончательный вес технологической пробы определяется производственными предприятиями, где будут проводиться полузаводские или заводские испытания. Методы отбора и сокращения общеприняты.

Таким образом, задачей разведчика является такое сочетание методов геологического изучения и опробования, которое позволит полученные результаты с большой достоверностью распространить

на все литологические разновидности полезного ископаемого, выделенные на месторождении.

Выбор методики опробования зависит от литологических особенностей, условий залегания полезного ископаемого, типа глин, их физико-химических свойств и области применения бентонитов.

Во всех горных выработках и естественных обнажениях отбираются рядовые пробы бороздовым способом, при этом опробованию подвергаются все пласты продуктивной толщи на полную мощность полезного ископаемого. Ширина борозды 15—20 см, глубина 5—10 см, длина до 2 м. В случае большой мощности пласта и однородности по визуальной оценке (цвет, набухаемость, содержание карбонатов, гипса, степень окрашивания бензидином и т. д.) отбираются секционные пробы в интервале 2—3 м. При неоднородности глин максимальная длина борозды 0,5 м. Дробление, перемешивание и сокращение проб производятся общепринятым способом. Окончательный вес каждой пробы должен составлять 2—3 кг.

Пробы керн из скважин колонкового бурения отбираются путем разрезания керн в продольном направлении. Длина керн для одной пробы варьирует в пределах, принятых для бороздового опробования. Одна половина отправляется для лабораторного изучения, а другая оставляется в качестве дубликата.

Керны из скважины колонкового бурения очищаются со всех сторон от загрязняющих примесей. Практика показывает, что при бурении змеевиком или буровой ложкой обычно получают наиболее загрязненные керны, поэтому при предварительной, тем более детальной разведке месторождений бентонитовых глин этот вид выработок следует заменять шурфами (если позволяют глубина залегания и мощность полезного ископаемого) или скважинами колонкового бурения. И в этом случае керны тщательно очищаются.

Для пересчета объемного количества запасов в весовое необходимо определять объемный вес полезного ископаемого в залежи бентонита при естественной влажности. Объемного веса производится в поле по общеизвестным методам, принятым для нерудных полезных ископаемых. Учитывая сильную влагоемкость бентонитов, все операции производятся в возможно короткий срок.

ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Определение типа глин и главных глинистых минералов в полевых условиях имеет большое значение для правильного ведения геологоразведочных работ. Особо важное значение приобретают полевые методы изучения глин в стадии поисков на бентонитовые глины. Даже ориентировочная типизация обнаруженных глин позволяет грубо очертывать полезное ископаемое, коррелировать отдельные выходы его и уточнять направление поисково-разведочных работ. Вместе с тем это позволяет выбрать рациональный метод опробования и проводить меньше определений в стационарных лабораториях.

При характеристике глин по внешним признакам должны быть в первую очередь определены цвет, излом, характер поверхности, жирность на ощупь, пластичность, способность к размоканию в воде, а также наличие включений сравнительно крупных по размеру минералов. Последние легко могут быть обнаружены под лупой. Наряду с ориентировочным определением содержания кварца, полевых шпатов, рудных минералов, глауконита, хлорита, карбонатов, гипса, темноцветных силикатов, остатков фауны и флоры, необходимо обращать серьезное внимание на выявление реликтовых структур материнских пород. В бентонитовых глинах ряда месторождений, образованных в результате изменения вулканогенных пород и иногда вулканического стекла, сохраняются их реликты. Именно такие разности бентонитов часто бывают наиболее качественными.

Визуально бентонитовые глины могут быть выделены по следующим признакам: излом у бентонитов, как правило, раковистый; они на ощупь жирные. Некоторым камнеподобным разновидностям бентонитов, у которых в обменном комплексе преобладают щелочноземельные катионы, присуща чуть шероховатая поверхность, но они жирные на ощупь. Щелочные бентониты, как указывалось выше, в воде интенсивно разбухают; щелочноземельные разбухают слабо. Однако они, в отличие от щелочных бентонитов, в воде интенсивно рассыпаются.

Таким образом, изучение бентонитов начинается с визуальной оценки, при которой фиксируются цвет в воздушно-сухом состоянии, излом, поведение в воде (обязательно дистиллированной, при ее отсутствии в полевых условиях следует применить кипяченую воду), соляной кислоте, растворе хлористого бария и бензидине.

Небольшие куски испытуемой глины (желательно предварительно высушенной при 105°C) помещаются в чашку Петри или в фарфоровую чашку и заливаются водой так, чтобы лишь нижняя часть кусочков смачивалась, а верхняя соприкасалась с воздухом. Воду следует добавлять по мере впитывания до тех пор, пока глина не набухнет, или же начнет осыпаться; высококачественные щелочные бентониты будут при этом набухать интенсивно, сильно увеличиваться в объеме и сохранять монолитность.

Щелочноземельные бентониты по мере впитывания влаги будут быстро осыпаться и принимать конусообразную форму. В отдельных случаях, когда испытуемые образцы представлены смесью различных типов бентонитов, они будут частично набухать.

Непосредственное нанесение на испытуемые кусочки глины капель десятипроцентной соляной кислоты позволяет по степени выделения пузырьков (шипение — выделение углекислоты) констатировать наличие карбонатов.

В полевых условиях гипс определяется следующим образом: после интенсивного распускания испытуемых кусочков глины в воде полученная суспензия хорошо перемешивается на механической мешалке или вручную, пропускается через бумажный фильтр и к фильтрату добавляется несколько капель десятипроцентного хло-

ристого бария. При наличии в глине гипса и других сульфатов в фильтрате будет выпадать белый осадок сульфата бария.

Определение цвета глин и вмещающих их пород имеет большое значение для литологического расчленения толщи на отдельные горизонты.

Бентонитовые глины в поле можно определять также следующим способом: берется кусок воздушно-сухой глины, одна сторона тщательно полируется обыкновенным ножом, а затем куском сукна, причем длина и ширина полированной плоскости не должны быть меньше 2—3 см. Любая часть полированной плоскости покрывается тонким слоем воды (кисточкой) либо наносится по каплям (пипеткой). Глины бентонитового типа быстро впитывают воду, и на их полированной поверхности появляется выпуклое место, на поверхности же каолиновых и других глин вода расплывается.

Для быстрой диагностики монтмориллонитовых глин наилучшие результаты получаются с солянокислым бензидином.

Солянокислый бензидин представляет собой бесцветное, растворимое в воде органическое соединение. Раствор бензидина готовят следующим образом: 0,5 г солянокислого бензидина помещают в склянку, заливают 500 мл дистиллированной или кипяченой воды, взбалтывают несколько раз и оставляют в покое в продолжение нескольких часов. Ввиду того что с течением времени раствор темнеет, заготавливать его в большом количестве не рекомендуется. Нанесение на поверхность бентонитовых глин нескольких капель солянокислого бензидина вызывает их интенсивное окрашивание в голубой или голубовато-зеленый цвет. Минералы группы каолинита бензидином не окрашиваются; гидрослюда при этом иногда окрашивается в бледно-голубой цвет.

В полевых условиях, кроме грубого литологического расчленения полезной толщи, можно составить предварительное представление о типах глин. Детальная типизация и качественная характеристика бентонитовых глин производится в лабораторных условиях.

ЛАБОРАТОРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

Бентонитовые глины изучаются по широкой программе, включающей: определение дисперсности по фракциям в природном виде и после обработки натриевыми солями, обменной емкости и обменных щелочных и щелочноземельных катионов, связанной воды, набухаемости, химического состава, содержания свободных (несиликатных) соединений силиция, алюминия, железа и других элементов, органики, температуры плавления, вспучиваемости, белизны, клейкости, связующей способности, основных параметров водных суспензий (глинистых растворов), сорбционных свойств на разных нефтепродуктах и растительных маслах, каталитической активности при крекинге нефтепродуктов. Параллельно производятся термический,

микроскопический, электронномикроскопический, рентгеноскопический, электроннографический и другие анализы.

Эти показатели определяются как в природных образцах бентонитов и их тонкодисперсных фракциях, так и в продуктах переработки бентонитов; для этого бентониты предварительно подвергаются активации с применением минеральных кислот, солей и др.

На основании полученных результатов проводится классификация изучаемых бентонитов, установление принадлежности их к определенному типу и намечаются пути рационального использования сырья.

Такое комплексное изучение бентонитов можно производить в специализированной лаборатории.

Для массовых секционных проб нет необходимости проведения всех указанных выше определений. Технологическую оценку бентонитовых глин в производственных лабораториях можно производить на основании данных определения их дисперсности, ионнообменной способности, показателей водных суспензий (глинистых растворов), отбеливающих свойств и др.

Приводим краткое описание некоторых методов изучения бентонитовых глин в производственных лабораториях.

Определение набухаемости

Набухаемость бентонитов может быть определена по интенсивности впитывания влаги в продолжение определенного промежутка времени с помощью прибора, описанного в работе Э. Г. Кистера [60].

Прибор представляет собой горизонтальную тонкую стеклянную трубку, к которой прикреплена шкала с делениями; с помощью резиновой трубки прибор соединяется со стеклянной воронкой, в которую вдевается круглая перфорированная фарфоровая пластинка. Стеклянная трубка устанавливается горизонтально, строго на одном уровне с поверхностью перфорированной пластинки.

Определение набухаемости посредством этого прибора производят следующим образом: воздушно-сухую глину измельчают в мелкую крупу с размером частиц 0,2—1 мм. Навеску глины 0,15—0,5 г (в зависимости от диаметра стеклянной трубки) всыпают в стеклянный цилиндр, дном которого служит фильтровальная бумага, и встряхивают; при этом она равномерно распределяется по фильтровальной бумаге слоем высотой 1—2 мм. Цилиндр смазывают по краям тонким слоем вазелина; тогда кружок из фильтровальной бумаги легко пристает к цилиндрику. Наполнение прибора дистиллированной водой (для удаления из нее пузырьков воздуха) производят через перфорированную пластинку воронки постепенно, таким образом, чтобы пузырьки воздуха не застряли в резиновой и стеклянной трубках. Затем стеклянную трубку устанавливают горизонтально на одной оси с перфорированной пластинкой. Излишек воды удаляют прикладыванием фильтровальной бумажки к перфорированной пластинке до установления мениска в стеклянной трубке на

нуле. После этого цилиндр с навеской ставят в воронку на перфорированную пластинку. В этот момент включают секундомер и производят отсчет впитываемой воды по шкале через каждые 5 сек. После первой минуты отсчет делают каждые 20 сек. Через 12 мин замеры повторяются каждую минуту, а затем каждые 3—5 мин. По истечении 30 мин опыт прекращается. По результатам наблюдений строят кривую в системе координат: время — абсцисса, количество впитанной воды — ордината. Для сравнения желательно предварительно построить кривые для характерных щелочных, например для аскангеля, и щелочноземельных — асканглины, гумбрины и других бентонитов.

Для определения набухаемости глин могут быть использованы и другие методы [34, 35, 44].

Определение дисперсности

Из множества методов определения дисперсности глин лучшие результаты для бентонитов получаются седиментационным методом, упрощенным и применяемым КИМС.

По этому методу высушенную при 110°C и измельченную до 1,0—1,5 мм глину весом 10 г замачивают в 300 мл дистиллированной воды и через 10—15 ч в банках, плотно закрытых крышками, перемешивают на agitatore в течение 2 ч (скорость вращения около 80 об/мин). После этого суспензию пропускают через сито 10 000 отв/см², переносят в мерный цилиндр емкостью 500 мл, доливают до метки, перемешивают палочкой с резиновым наконечником и оставляют в течение 24 ч.

Оставшийся на сите материал, представляющий собой грубодисперсную (I) фракцию с частицами размером >60 мк, переносят в фарфоровую чашку, высушивают при температуре 110°C и взвешивают. Через сутки суспензию с неосевшими частицами глины с помощью сифона осторожно (не захватывая осадка) сливают из цилиндра в мерную колбу емкостью 500 мл и взвешивают.

На основании данных взвешивания колбы с суспензией и той же колбы с дистиллированной водой вычисляют вес тонкодисперсной глинистой (III) фракции с частицами менее 1,5 мк по формуле

$$P = \frac{d(A - B)}{d - 1} = 1,5814(A - B),$$

где B — вес мерной колбы с дистиллированной водой, имеющей температуру суспензии;

A — вес мерной колбы с суспензией;

P — вес тонкодисперсной (III) фракции глины;

d — удельный вес тонкодисперсной глинистой фракции, принятый 2,72.

Оставшийся на дне цилиндра после слива тонкодисперсной (III) фракции материал, представляющий собой агрегированные глинистые частицы размером 1,5—60 мк (II фракция), определяется по

разности 100—(I+III фракции). Дисперсность по фракциям выражается в процентах.

Дисперсность определяют в образцах как в естественном виде, так и после их обработки пирофосфатом натрия, которая осуществляется для установления степени агрегированности глины и засоренности неглинистыми материалами.

Пирофосфорнокислый натрий ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) вводят в количестве 5% к весу сухого бентонита. 10 мл заранее приготовленного 5%-ного раствора пирофосфорнокислого натрия добавляют перед перемешиванием глины на агитаторе; все остальные операции производят, как описано выше, для определения дисперсности в природных образцах глины. При сильной агрегированности глины добавляют большее количество пирофосфата натрия и устанавливают его оптимальную дозу.

Определение обменной емкости

Обменная емкость может быть определена одним из следующих, сравнительно ускоренных и легкодоступных методов.

Определение обменной емкости с применением органического красителя метиленового синего [16, 64]

Отвешивают 0,3 г предварительно высушенной при 110°C изучаемой глины, переносят в эрленмейеровскую колбу и к ней добавляют 50 мл 0,3%-ного раствора метиленового синего. Колбу с содержимым встряхивают на аппарате в течение 20 мин и оставляют в покое на ночь с целью лучшей адсорбции красителя. Из осветленной части отстоявшегося за ночь раствора отбирают пипеткой 1 мл, далее переносят в колбу объемом 100 мл, добавляют 99 мл дистиллированной воды и взбалтывают. Полученный разбавленный раствор подвергают колориметрированию на фотоколориметре ФЭКН-56.

Строят калибровочную кривую, для чего готовят растворы метиленового синего следующих концентраций: 0,0001; 0,0002; 0,0004; 0,0006; 0,0008%. На абсциссе откладывается концентрация раствора метиленового синего, а на ординате — его плотность.

Обменная емкость определяется по формуле

$$E = \frac{(C - C_1) d 50 \cdot 1000 \cdot 100}{V \cdot 319,9 \cdot 100} \text{ мг} \cdot \text{экв на } 100 \text{ г глины,}$$

где C — начальная концентрация метиленового синего;

C_1 — концентрация раствора после адсорбции;

d — разбавление;

50 — количество взятого раствора;

1000 — перевод грамма в миллиграммы;

V — навеска;

319,9 — постоянная для метиленового синего.

Следует учитывать, что описанный метод дает положительные

результаты при емкостях в пределах 70 мг·экв и выше. На глинах с низкой емкостью метод дает заниженные показатели. Для низкосортных бентонитов лучше пользоваться олеатным методом.

Определение обменной емкости олеатным методом [122]

Исследуемый образец бентонита предварительно обрабатывают полунормальным раствором хлористого бария (BaCl_2) для замещения обменных катионов на ион бария. Затем бариевый бентонит титруется раствором олеата калия. В основе этого метода лежит почти мгновенно протекающая реакция между олеатом калия ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$) и двухвалентными катионами диффузного слоя глины с образованием труднорастворимых кальциевых и магниевых солей олеиновой кислоты ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO}$) $_2\text{Ca}$ или ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO}$) $_2\text{Mg}$.

Приготовление раствора олеата калия. Около 15 г чистой олеиновой кислоты ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$) растворяется в 600 мл этилового спирта и отдельно растворяется 3—4 г едкого калия (KOH) в 400 мл воды. Растворы смешивают, сильно взбалтывают и оставляют на 3—4 суток для осаждения мути, после чего фильтруют и устанавливают титр полученного осветленного раствора. Для установки титра применяется 0,05н. раствор хлористого бария. Последовательно отбирают 5; 10; 15; 20 мл этого раствора и переносят в колбы, добавляют 150—160 мл дистиллированной воды и 10 мл аммиачного раствора (40 г NH_4Cl и 80 мл 25%-ного аммиака на 1 л) и титруют олеатом калия, время от времени сильно взбалтывая. После появления устойчивой пены на поверхности раствора последний кипятят 2—3 мин, охлаждают и дотитровывают до устойчивой пены, не исчезающей в продолжение около 8 мин.

Приведенные в табл. 3 данные показывают, что с увеличением количества раствора хлористого бария расход олеата калия при его титровании увеличивается не вполне пропорционально. Это объясняется тем, что некоторая часть хлористого бария поглощается образующимся в процессе титрования хлопьевидным осадком олеата бария, причем с увеличением титруемого раствора увеличивается количество поглощаемого этим осадком хлористого бария.

Вообще целесообразно брать такое количество титруемого вещества, на титрование которого идет около 10, но не более 15 мл олеата калия.

Ход анализа. Один грамм предварительно высушенной при 105°C глины помещают в стаканчик, в который наливают 50 мл 0,5н. раствора хлористого бария, кипятят в течение 5 мин, оставляют на 2 ч в покое и фильтруют. Оставшиеся в стаканчике частицы глины смывают небольшими порциями горячей воды. Осадок на фильтре промывают горячей водой до исчезновения реакции на ион хлора (Cl^-). Для этого обычно используют азотнокислое серебро (AgNO_3). Осадок переносят в эрленмейеровскую колбу емкостью 250 мл, добавляют 10 мл аммиачного раствора и титруют олеатом калия до появления стойкой пены. Затем содержимое колбы кипятят, и при необходимости дотитровывают олеатом калия. По полу-

Изменение титра олеата калия в зависимости от количества титруемого раствора хлористого бария

0,05 н. раствор хлористого бария, мл	Раствор олеата калия, мл	Титр олеата калия, мг·эква на 1 мл
5	4,9	$\frac{0,05 \cdot 51}{4,9} = 0,051$
10	9,6	$\frac{0,05 \cdot 10}{9,6} = 0,0520$
15	13,85	$\frac{0,05 \cdot 15}{13,85} = 0,0542$
20	18	$\frac{0,05 \cdot 20}{18} = 0,0555$

ченным данным рассчитывают общую обменную емкость на 100 г сухой глины. Например, на титрование 1 г сухой глины израсходовано 13,8 мл олеата калия. Пользуясь приведенными в табл 3 данными, титр олеата калия подсчитывают следующим образом: 10 мл хлористого бария соответствует титру 0,0520; 15 мл — 0,0542, а для 13,8 мл берется среднеарифметическая величина

$$\frac{0,0520 + 0,0542}{2} = 0,0531.$$

Общая емкость исследуемого образца глины будет $E = T \times A \times 100$, где E — общая обменная емкость в миллиграмм-эквивалентах на 100 г глины, T — титр олеата калия, A — количество миллилитров раствора олеата калия, пошедшего на титрование. Таким образом, $E = 0,0531 \times 13,8 \times 100 = 73,28$ мг·эква на 100 г глины.

Определение содержания обменных щелочноземельных катионов — кальция и магния

Один грамм высушенной глины помещают в эрленмейеровскую колбу емкостью 200—250 мл и приливают 100 мл дистиллированной воды. Полученную суспензию кипятят в течение 2—3 мин и после охлаждения в нее приливают 10 мл аммиачного раствора и титруют олеатом калия до появления устойчивой пены. По количеству затраченного на титрование суспензии олеата калия подсчитывают суммарное количество обменных щелочноземельных катионов — кальция и магния. Например, на титрование одного грамма испытуемой глины пошло 7,5 мл олеата калия. По данным приведенной выше таблицы, титр 7,5 мл олеата калия будет соответствовать

$$\frac{0,051 + 0,0520}{2} = 0,0515.$$

Суммарное количество обменных катионов кальция и магния составит $0,0515 \times 7,5 \times 100 = 38,62$ мг·эква на 100 г глины.

Определение водорастворимых солей

Бентонитовые глины в природных условиях почти всегда содержат примесь растворимых в воде солей (электролитов), которые при определении двухвалентных катионов будут титроваться вместе с ними, вследствие чего получится ошибка в сторону завышения обменных катионов кальция и магния. Поэтому для определения истинного количества обменных катионов кальция и магния необходимо предварительно определить аналитическим путем количество водорастворимых солей и полученные данные вычесть из суммарного содержания обменных катионов кальция и магния.

Раздельное определение обменных и водорастворимых катионов кальция и магния в производственных лабораториях практически можно производить следующим упрощенным методом, дающим приемлемые результаты: 1 г глины заливают 100 мл дистиллированной воды; полученную суспензию кипятят в продолжение 3—5 мин, затем охлаждают, переносят в мерный цилиндр емкостью 200 мл и заполняют до метки дистиллированной водой; перемешивают, встряхивают, ставят отстояться на несколько часов до осветления верхней половины суспензии в цилиндре. Из верхней осветлившейся части цилиндра отбирают 100 мл раствора и титруют олеатом калия, как описано выше.

Отдельно титруется нижняя часть суспензии с осадком, в котором содержатся обменные катионы и водорастворимые соли. Разность количеств олеата калия, пошедших на титрование осадка (нижней части суспензии) и верхней, осветлившейся части, дает количество олеата калия, израсходованного на титрование обменных двухвалентных катионов кальция и магния. В том случае, когда глина создает в воде устойчивую, труднооседаемую суспензию, ее необходимо отфильтровать под вакуумом; в 100 мл фильтрата определяют водорастворимые соли титрованием олеатом калия.

Обменные щелочные катионы натрия и калия можно определить или по разности (общая обменная емкость минус обменные двухвалентные катионы кальция и магния) или же методом пламенной фотометрии.

Определение основных параметров глинистых суспензий (растворов)

Основными параметрами суспензии бентонитов, используемых в качестве промывочных жидкостей при бурении скважин, служат удельный вес при определенной вязкости, содержание песка (инертного, грубодисперсного материала), отстой, стабильность, водоотдача, толщина глинистой корки, структура и др. Важным показателем является выход раствора из единицы веса бентонита при стандартной вязкости. По данным указанных определений дается оценка бентонитов для возможного их использования в буровых растворах [45, 59, 97].

Ход анализа. Пробу глины, высушенной и измельченной до 3—5 мм, замачивают дистиллированной водой в фарфоровой кружке емкостью 1,5—2 л на 8—12 ч. После этого набухшую массу размешивают на механической мешалке с числом оборотов 600—800 в минуту в продолжение 2 ч до получения однородной пастообразной массы; затем при размешивании доливают воду до получения суспензии с вязкостью 20 сек. В производственных условиях определяется условная вязкость суспензии стандартным полевым вискозиметром СПВ-5. Последний состоит из воронки с цилиндрической грубкой диаметром 5 мм и кружки, разделенной горизонтально на две части — 500 и 200 мл.

Определение вязкости — времени истечения суспензии — производится следующим образом: конец подвешенной воронки зажимают специальным приспособлением или пальцем и в нее вливают кружкой 700 мл (500+200) глинистой суспензии. Под воронку подставляют кружку емкостью 500 мл, затем одновременно засекают время секундомером и отпускают палец. При полном наполнении кружки секундомер останавливают и определяют время истечения суспензии в секундах. До начала определения вязкости следует произвести проверку вискозиметра по воде. Для этого в воронку наливают 700 мл воды и секундомером замеряют время истечения 500 мл. Для стандартного полевого вискозиметра СВП-5 оно должно составлять $15 \pm 0,5$ сек. Перед замером глинистый раствор перемешивают на механической мешалке в течение 5—10 мин.

Полученную суспензию с вязкостью 20 сек оставляют в покое на 24 ч, после чего вновь размешивают на мешалке 10—15 мин и повторно определяют вязкость; в случае повышения вязкости к суспензии добавляют воду, размешивают и доводят до 20 сек. После достижения постоянной, практически не меняющейся вязкости в 20 сек производят определение следующих показателей глинистой суспензии.

Определение удельного веса суспензии бентонита в лаборатории производят пикнометром, на буровых ареометром АГ-2. Ареометр АГ-2 состоит из двух разъемных частей. Нижняя часть является емкостью для глинистых растворов; в эту емкость вставляется верхняя часть прибора и закрепляется на ней при помощи трех штифтов. Верхняя часть, являющаяся одновременно крышкой прибора, переходит в пустотелый цилиндр, на котором нанесены две шкалы от 1,0 до 1,8 и от 1,7 до 2,5 для очень утяжеленных растворов.

Для определения удельного веса суспензии бентонитов нижнюю часть прибора — емкость, погружают в суспензию и наполняют до краев, после чего плотно закрывают крышкой в глинистом же растворе, чтобы избежать попадания в суспензию воздуха. После этого ареометр обмывают водой и погружают в ведро с чистой водой, где он должен свободно плавать, не допуская перекашивания на бок. Удельный вес глинистого раствора — суспензии бентонита — отсчи-

тывается по первой шкале против уровня воды, до которого погрузился ареометр. Точность определения $+0,01$.

Ареометр АГ-2 предварительно проверяется по воде; для этого емкость прибора, наполненная до краев водой и закрытая под водой крышкой, погружается в ведро с водой; показание ареометра будет правильным, если деление 1,0 на шкале совпадает с уровнем воды, в которую он погружен.

Удельный вес суспензий, получаемых из натриевых щелочных бентонитов при вязкости 20 сек, обычно не превышает 1,06, а щелочноземельных 1,2.

Определение стабильности. Под стабильностью глинистых растворов подразумевается равномерное распределение частиц в растворе при его длительном стоянии. Показатель стабильности выражается разностью между удельным весом нижнего и верхнего слоев раствора после отстоя в течение 24 ч. Эта разница должна быть не более 0,002.

Испытуемый глинистый раствор помещают в металлический цилиндр емкостью 500 мл, в середине которого имеется отверстие с патрубком, закрытое пробкой, или в обычный стеклянный мерный цилиндр. По истечении 24 ч раствор из верхней части сливают в емкость ареометра АГ-2 или в пикнометр и определяют его удельный вес. Точно также определяют удельный вес глинистого раствора, находящегося в нижней части цилиндра. Из величины удельного веса нижней части суспензии вычитают удельный вес верхней части суспензии; разность характеризует стабильность раствора.

Определение отстоя. Глинистую суспензию наливают в мерный цилиндр емкостью 100 мл и оставляют в покое на 24 ч, после чего отсчитывают высоту верхней осветленной части суспензии; величина отстоя выражается в процентах осветленной части. Суспензия качественных бентонитов не должна иметь отстоя. Вообще количество отстоя суспензии большей частью зависит от наличия в глинах водорастворимых солей (электролитов).

Определение водоотдачи. Водоотдача определяется фильтрацией глинистой суспензии под вакуумом или под давлением на приборе ВМ-6; в обоих случаях водоотдача выражается в миллиметрах прозрачной жидкости (фильтрата), прошедшей через фильтр за 30 мин.

а) **Определение водоотдачи под вакуумом.** В фарфоровую воронку диаметром 9 см вкладывают фильтровальную бумагу, диаметр которой точно соответствует внутреннему диаметру воронки; воронку посредством резиновой пробки вставляют в колбу Бунзена, в которую предварительно помещен градуированный цилиндр с вакуум-насосом через ртутный манометр. Для определения водоотдачи включают насос, создается определенное разрежение, обеспечивающее плотное прилегание фильтровальной бумаги к поверхности воронки; после этого в воронку наливают 100 мл испытуемой суспензии, которая фильтруется в течение 30 мин при

остаточном давлении 18—20 мм рт. ст. Одновременно замеряется толщина глинистой корки в миллиметрах, которая образуется на фильтровальной бумаге после фильтрации раствора.

б) Определение водоотдачи под давлением. Прибор ВМ-6 состоит из трех основных узлов: плиты с кронштейном, напорного цилиндра и фильтрационного стакана. На фильтрационный стакан, снабженный решеткой с фильтром и клапаном, наверху напорный цилиндр со шкалой, в который входит плунжер со шкалой и грузом, создающие давление 1 кг/см². Для определения водоотдачи с напорного цилиндра прибора ВМ-6 снимают плунжер и отвинчивают фильтрационный стакан. Отвинчивают поддон фильтрационного стакана и вынимают решетку и клапан; на решетку накладывают два слоя фильтрационной бумаги, смоченной водой. Решетку с бумагой вкладывают в стакан бумагой внутрь так, чтобы штифт стакана вошел в паз решетки; затем стакан навинчивают и вставляют в кольцо кронштейна, резьбу между поддоном и стаканом затягивают; после этого завинчивают запорный клапан поддона. Стакан наполняют испытуемой глинистой суспензией на 3—4 мм ниже края горловины. На горловину стакана навинчивают напорный цилиндр, в него заливают маловязкое машинное масло. В цилиндр вставляют плунжер и осторожным отвинчиванием запорной иглы выпускают избыток масла до установления плунжера на нулевое давление. После этого начинают определение водоотдачи суспензии — поворачивают винт поддона фильтрационного стакана и одновременно засекают время. Через 30 мин испытания отсчитывают величину водоотдачи суспензии по шкале плунжера — по делению, против которого остановился диск напорного цилиндра. Величина водоотдачи суспензии бентонитов колеблется в пределах 10—15 мл.

Определение содержания песка. Содержание песка в глинистой суспензии определяется в отстойнике ОМ-1 или отстойнике Лысенко; последний представляет собой стеклянный цилиндр емкостью 500 мл, один конец которого оттянут в трубку с делениями.

В отстойник наливают 450 мл дистиллированной воды, а затем 50 мл испытуемого раствора; отстойник закрывают крышкой; содержимое взбалтывают и оставляют в вертикальном положении на 3 мин. При этом происходит выпадение из глинистой суспензии песка и других инертных грубодисперсных частиц, которые оседают в нижней части отстойника. Затем производят отсчет количества песка в миллиметрах; умножением полученной величины на два определяют содержание песка в 100 мл раствора в процентах. Содержание песка в растворе для качественных бентонитов не должно превышать 4%.

Следует отметить, что при получении бентонитовой суспензии с удельным весом свыше 1,06 суспензию предварительно обрабатывают различным количеством (для нахождения оптимума) кальцинированной соды и определяют все перечисленные выше показатели. Бентонитовые порошки, предназначенные для буровых растворов,

испытывают при вязкости их суспензии 25 сек по СПВ-5 в соответствии с ТУ-64 на глинопорошки.

Определение отбеливающих свойств бентонитов

Отбеливающие свойства глин определяются при очистке разных нефтепродуктов, растительных масел и др. Из нефтепродуктов наиболее трудно очищаемыми и требующими сравнительно большого расхода сорбента являются остаточные масла или концентрат нефти. Поэтому желательно отбеливающие свойства испытуемых глин проверять на этих маслах с соблюдением режима очистки, заранее установленного и принятого на производстве.

Остаточное нефтяное масло предварительно обрабатывают (зачищают) серной кислотой; полученное кислое масло подвергают доочистке испытуемыми бентонитами.

Зачистка остаточного нефтяного масла. Зачистку производят 96%-ной серной кислотой, взятой в количестве 12% к весу масла. Кислоту вводят в три приема: в первый прием 2%, во второй и третий — по 5% при каждой операции. Учитывая агрессивное действие серной кислоты на металлы, зачистку обязательно следует проводить в свинцовой, стеклянной или другой кислотоупорной посуде. Масло подогревают на водяной бане до 58°C и эту температуру выдерживают в течение всего процесса зачистки. Далее пропускают интенсивный ток воздуха, равномерно распределяемый по всей массе масла; одновременно тонкой струей вливают серную кислоту (2%).

После перемешивания воздухом в течение 15 мин подачу воздуха уменьшают до равномерного пробулькивания (примерно 80 пробулькиваний в 1 мин), продолжающегося в течение 20 мин. Затем подачу воздуха прекращают, и масло отстаивается на бане в течение 30 мин. На дно сосуда будут оседать смолистые вещества — кислый гудрон; масла осторожно сливают с гудрона и процесс зачистки повторяют еще 2 раза с добавлением по 5% к весу масла 96%-ной серной кислоты. После обработки масло отстаивается в течение 1 ч. Зачищенное таким образом масло, освобожденное от кислого гудрона, подвергают дальнейшей очистке бентонитовыми глинами. Предварительная зачистка влияет в дальнейшем на показатели очистки масел, поэтому необходимо точно соблюдать установленный режим зачистки.

Доочистка кислого масла бентонитами. Кислое масло подвергают контактной очистке испытуемыми пробами бентонитовых глин и для сравнения в тех же условиях эталоном, в качестве которого обычно берется гумбрин, отвечающий техническим условиям ВТУ-341—62.

На 100 г зачищенного кислого масла берется 10—25 г измельченной и высушенной глины; тонина помола — остаток на сите 6400 отв/см² — 15%.

Очистка производится в контактном аппарате, представляющем

собой тонкостенную латунную емкость цилиндрической формы с суженным горлом с крышкой, на которой жестко соединены две латунные трубки диаметром 10 мм. Одна трубка при закрытой крышке доходит до дна аппарата и там согнута в кольцо, снизу которого имеются небольшие отверстия. Трубка предназначена для ввода в аппарат перегретого водяного пара с целью создания инертной атмосферы для предотвращения возможного окисления масла в процессе очистки при высокой температуре. Наружный конец трубки соединяется со змеевиком из медной трубки; змеевик имеет электрический обогрев и другим концом соединен с источником насыщенного водяного пара электрическим водонспарителем. Другая трубка предназначена для отвода из контактного аппарата образующихся в процессе очистки масла паров и газов, которые проходят через водяной холодильник, конденсируются и собираются в приемнике. К суженной части горловины контактного аппарата приварена латунная трубка для термометра. Кислое масло отвешивают в самом контактном аппарате, и туда же засыпают навеску глины. Термометр опускают в продукт (на один сантиметр от дна), крышку закрывают и замазывают смоченным в воде асбестом. Температуру в аппарате нужно поднимать постепенно, обводя вокруг аппарата горелкой и время от времени перемешивая его содержимое. При температуре 120°C, когда удалена влага, включают перегретый пар и холодильник с приемником конденсата. Температура поднимается более интенсивно (10°C в минуту) и доводится до 350°C. При этой температуре масло выдерживают 10 мин при непрерывной подаче пара, после чего горелка удаляется и прекращается нагрев.

Подачу пара отключают, когда температура масла снизится до 230°C. Содержимое аппарата фильтруют под вакуумом через воронку Бюхнера, в которую вложен смазанный по краям вазелином кружок фильтровальной бумаги. Перед фильтрованием в бунзеновской колбе, соединенной с вакуум-насосом, создается разрежение, вследствие чего смазанный вазелином фильтр плотно присасывается ко дну воронки. Диаметр фильтровальной бумаги должен точно соответствовать внутреннему диаметру воронки, чтобы не происходило загибание фильтра к боковым стенкам воронки. Отфильтрованное масло испытывается на цветность.

Очистку можно производить также в аппарате с внешним электрическим обогревом и механическим перемешиванием.

Определение цветности масла производится в горячем состоянии в нефтяном — КН-51 или в концентрационном колориметре КОЛ-1М с искусственным освещением. Эталонной жидкостью при определении цвета масел служит 1/250 н. раствор йода в йодистом калии.

Более ясное представление о сорбционной (отбеливающей) способности испытуемых проб получается в результате сравнения цветности масел, очищенных испытуемыми глинами, и цветности того же масла, очищенного в идентичных условиях эталоном — гумбрином.

Степень очистки определяется отношением высоты столба масла (в мм), очищенного испытуемыми образцами, к высоте столба мас-

ла в кювете колориметра, очищенного стандартным гумбрином, при их одинаковой цветности с цветностью указанного раствора йода толщиной слоя в кювете 13,5 мм.

Удовлетворительными могут быть признаны пробы природных бентонитов, имеющие отбеливающую способность не ниже показателя стандартного гумбина — эталона.

При более глубоком изучении, кроме цветности масла, определяют и ряд других показателей последнего, в том числе изменение кислотности.

В отдельных случаях, когда исследуемые пробы в активированном виде значительно превосходят по своей отбеливающей способности гумбрин, в связи с чем затруднительно производить колориметрирование очищенного масла, следует при контактировании количество активированной глины уменьшить в два раза. В связи с тем что сорбционная активность некоторых глин после предварительной химической активации сильно повышается, в испытуемых глинах она определяется до и после активации.

Активация глины. Измельченную до 1—1,5 мм глину помещают в колбу с обратным холодильником и заливают 20%-ным раствором серной кислоты при отношении твердого к жидкому 1 : 4. При постоянном перемешивании содержимое колбы выдерживают при температуре кипения в течение оптимального времени, установленного для каждой глины предварительно.

В случае, если проба предназначена для испытания адсорбционных свойств на остаточных маслах нефти, промывание производят до содержания в промывных водах 0,3% серной кислоты. Практически обычно достаточно активированную пробу промыть 10-кратным количеством воды. Во всех остальных случаях, а именно при испытании адсорбционных свойств на растительных маслах, а также при определении каталитических свойств, промывание активированной глины доводят до нейтральной реакции по метилоранжу.

Активированную глину высушивают, измельчают и подвергают испытанию. Тонина помола — 15% остаток на сите 6400 *отв/см²* для очистки нефтепродуктов и 5% остаток на сите 1600 *отв/см²* для отбели растительных масел.

Для выявления максимальной активности изучаемой глины ее активируют в разных условиях — изменяют концентрацию кислоты, время обработки, соотношение твердой фазы к жидкой и т. д.

Очистка растительных масел. В товарном масле всегда присутствуют свободные жирные кислоты, фосфатиды, белковые, слизистые и красящие вещества, поэтому все жиры и масла, поступающие на заводы, подвергаются гидратации, рафинации, а также отбелке.

Гидратация масел. Навеску 600—800 г испытуемого масла нагревают в стакане на электрической плитке до температуры 40—45°C при постоянном перемешивании мешалкой (до 35 *об/мин*). При достижении указанной температуры вводят по каплям воду (от 1 до 10% от веса масла), нагретую до той же температуры. Пос-

ле добавления воды перемешивают в течение 5 мин; затем, уменьшая число оборотов мешалки, еще 10—15 мин до образования хорошо отделяющихся от масла и оседающих хлопьев гидратационного осадка. После этого масло отстаивают 30 мин при той же температуре; гидратированное масло (верхний слой) сливают и подвергают рафинации.

Рафинация. Процесс рафинации заключается в смешивании масла с раствором щелочи, при котором происходит нейтрализация свободных жирных кислот. Для этого предварительно определяют кислотное число испытуемого масла. По кислотному числу рассчитывают теоретическое количество щелочи, необходимое для рафинации масла. К теоретическому количеству добавляют 20%-ный избыток щелочи.

Взвешенное масло подогревают до температуры 40—45°C при медленном перемешивании. После достижения заданной температуры перемешивание усиливают и по каплям подают раствор щелочи. Когда образуются хлопья, перемешивание замедляют до полного формирования осадка, затем температуру масла повышают до 60°C и выдерживают в течение 15 мин; после этого масло фильтруют через складчатый зольный фильтр.

Очистка-отбелка. 50—60 г рафинированного масла, взвешенного в стаканчиках, при перемешивании мешалкой (60 об/мин) подогревают до 60°C. При этой температуре в него вводят взвешенное количество активированной глины и повышают температуру до 95°C с выдержкой 15 мин, после чего это масло фильтруют через зольный складчатый фильтр.

Отбеленное масло подвергают колориметрированию для определения его цветности.

Цветность определяют сравнением окраски отфильтрованного масла и окраски йодного раствора в концентрационном колориметре.

Стандартным раствором при определении цветности масла служит раствор йода. Раствор наливают в один стакан, а масло — в другой, при этом толщина слоя масла должна оставаться постоянной (10 мм). Меняя толщину слоя стандартного раствора в колориметре, добиваются равенства интенсивности окраски полей, записывают толщину слоя стандартного раствора (измерения повторяются несколько раз).

Концентрация йодного раствора, эквивалентного по окраске маслу в слое 1 см, вычисляется по формуле

$$C_x = \frac{C_0 \cdot h_0}{h_x},$$

где C_0 — количество йода в 100 мл стандартного раствора, мг;

h_0 — толщина слоя стандартного раствора, мм;

h_x — толщина слоя масла, мм.

При удовлетворительных показателях очищенное соевое масло должно иметь цветность, соответствующую не более 12 мг йода,

Определение каталитической активности бентонитов при крекинге нефти

Бентонитовые глины в природном виде обычно имеют низкую каталитическую активность, поэтому они предварительно подвергаются активации, а затем в активированном продукте определяется каталитическая активность.

Активированная глина тщательно промывается водой на воронке Бюхнера до нейтральной реакции по метилоранжу, высушивается при температуре 100—110°, растирается в порошок и таблетруется. Таблетки прокаливают в печи при температуре 550°C в течение 6—8 ч.

Сырьем для каталитического крекинга может служить газойлевый нефтяной дистиллят.

Реакция каталитического крекинга осуществляется в лабораторном реакторе. Реактор обогревается в вертикальной трубчатой печи. Реакция крекинга проводится при температуре 450—500°C в течение 30 или 60 мин при скорости 0,7 объема сырья на 1 объем катализатора. Пары вместе с крекинг-газом поступают в холодильник, где они конденсируются, а крекинг-газ поступает в абсорбер для поглощения увлеченных частиц бензина.

Через 5—10 мин после окончания процесса катализат сливается в приемник и подвергается фракционной разгонке при постоянно возрастающей температуре до 210°C; по выходу бензиновой фракции в весовых процентах к исходному продукту определяется индекс активности катализатора. Проба является каталитически активной при индексе активности свыше 28.

При высоком индексе активности бентонит подвергается более глубокому изучению в специализированной лаборатории.

Глава V

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Геологоразведочные работы на месторождениях бентонитовых глин делятся на два этапа — поиски и разведку. На первом этапе геологических работ дается перспективная оценка месторождений, на втором — промышленная.

Основными показателями для перспективной оценки месторождений бентонитов являются генетические и промышленные типы месторождений, условия залегания, мощность, вещественный состав, физико-химические свойства, степень выдержанности качественных показателей полезного ископаемого, горнотехнические условия разработки месторождения, экономические данные и т. п.

В результате поисково-разведочных работ оконтуриваются районы распространения бентонитов, выделяются отдельные участки

(площади) для более детального изучения месторождения, подсчитываются запасы по категории C_1 .

При предварительной разведке (первая стадия второго этапа) месторождения уточняются приведенные выше данные, проводится технологическое исследование проб бентонитов, определяются их промышленные сорта, уточняются границы распространения месторождения и подсчитываются запасы по категории C_1 , в некоторых случаях даже по категории В. В этой стадии работ должны быть собраны материалы для обоснования целесообразности промышленного освоения месторождения бентонитовых глин.

В процессе детальной разведки (вторая стадия второго этапа) уточняются данные предварительной разведки, структура месторождения, форма, условия залегания полезного ископаемого, его качественные показатели, степень выдержанности по качеству, мощность залежи по падению и простиранию, пространственное распределение на месторождении промышленных сортов глин; изучаются детально физико-химические и технологические свойства полезного ископаемого, горнотехнические условия разработки месторождения, гидрогеологические условия района и самого месторождения и т. п.

Основные факторы, определяющие промышленное значение месторождений бентонитовых глин, условно делятся на три группы: 1) геологические и горнотехнические; 2) технологические и 3) экономические; они находятся в тесной взаимосвязи и поэтому граница между ними не проводится.

Геологические и горнотехнические факторы характеризуют месторождение со стороны условий залегания бентонитов, их запасов, мощности продуктивной толщи и вскрыши, крепости вмещающих пород, гидрогеологических условий месторождения, степени выдержанности по качеству и мощности полезного ископаемого. Существенное значение имеет минимальная допустимая мощность полезного ископаемого и максимальная вскрышных пород. Эти данные определяются при разведке месторождений. Минимальная допустимая мощность пласта бентонитов для открытых способов разработки в эксплуатируемых месторождениях составляет 1,5—2,0 м, для подземных 1,3—2 м (гумбрин). Современное состояние техники позволяет эффективно обрабатывать карьерным способом пласт мощностью 1 м.

Благоприятным горнотехническим условием разработки месторождения бентонитовых глин является открытый способ при небольшой вскрыше. Но иногда полезная толща перекрывается мощными отложениями вскрышных пород. В таких случаях проектируется подземный способ.

Решающее значение для разработки месторождения открытым способом имеет коэффициент вскрыши, т. е. соотношение мощностей вскрыши и полезного ископаемого. Допустимая предельная мощность вскрыши определяется в каждом случае.

При составлении проекта разработки месторождения необходи-

мо учитывать климатические условия района и способность глин к набуханию.

Щелочные набухающие бентониты могут быть добыты подземным способом только в том случае, когда почва и кровля полезного ископаемого представлены твердыми породами. Щелочные бентониты в районах влажного климата трудно разрабатывать открытым способом, в силу того что уступы на карьере не удерживаются и ползут. В этих случаях следует предусмотреть специальные мероприятия, предохраняющие глины от загрязнения вмещающими породами. При разработке месторождений щелочноземельных бентонитов уступы на карьерах при одинаковых климатических условиях района удерживаются сравнительно хорошо.

На выбор системы разработок большое влияние оказывают гидрогеологические условия района, оползневые явления, условия и глубина залегания бентонитов. Сбор данных по этим вопросам должен быть произведен при детальной разведке месторождения.

Технологические факторы промышленной оценки месторождений бентонитов имеют очень важное значение. Как известно, бентонитовые глины по вещественному составу и физико-химическим свойствам отличаются от других типов глин. Они имеют многочисленное применение в народном хозяйстве. Для каждой области промышленности требуется вполне определенное качество бентонитовых глин, поэтому большое внимание должно быть уделено качественной характеристике, определяющей возможность и целесообразность практического использования бентонитов, при этом необходимо выяснить основных потребителей товарной продукции, способ переработки глин и т. п.

Для каждой отрасли промышленности должна быть установлена возможность получения товарной продукции, удовлетворяющей требованиям ГОСТ и ТУ или временной инструкции, составленной для отдельных видов бентонитов. При технологическом изучении определяется возможность использования каждого выделенного типа глин и дается полная качественная характеристика пласта (слоя), устанавливается степень изменчивости по качеству полезного ископаемого.

Большое значение имеет полное комплексное использование всех типов и разновидностей бентонитовых глин данного месторождения, а также установление возможности рационального использования отходов добычи и переработки бентонитов.

Основными показателями для определения экономической эффективности промышленного освоения месторождения полезных ископаемых являются: себестоимость продукции и капитальные вложения.

Себестоимость продукции отражает все затраты предприятия в денежном выражении, связанные с производством и реализацией этой продукции. Она включает затраты на продукцию прошлого периода (стоимость сырья, материалов, топлива и других материальных резервов и амортизацию основных фондов) и расходы на опла-

ту труда работников предприятия — заработную плату. В себестоимости в конечном счете находят отражение результаты всей производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Себестоимость определяется как в целом по всей продукции — себестоимость товарной продукции, так и на единицу продукции.

При добыче полезных ископаемых на уровень себестоимости влияют условия залегания, способ и система разработки, величина запасов, масштаб добычи, объем капиталовложений, срок эксплуатации месторождения, степень механизации, расстояние от месторождения до транспортных магистралей и т. п.

В связи с тем что определение себестоимости продукции по элементам затрат для геолога будет затруднено, рекомендуется определить ее ориентировочно по формуле

$$C = \frac{B \cdot \Pi + Д}{K},$$

где В — стоимость вскрыши 1 т породы, руб.;

Π — отношение мощности вскрыши, включая мощность пустых прослоев, к мощности полезной толщи;

Д — стоимость 1 т полезного ископаемого, руб.;

К — коэффициент выхода товарного продукта из горной массы с учетом потерь при добыче и сортировке в карьере.

Значения В и Д могут быть получены на аналогичных действующих предприятиях, а значения Π и К должны быть определены по данным разведочных работ.

Себестоимость 1 т добычи гумбина подземным способом на 1 января 1965 г. — 6 р. 50 к., открытым способом — 1 р. 82 к., молотого гумбина — 10 р. 70 к. Себестоимость добычи 1 т горной массы бентонита на Асканском месторождении составляет 6 р. 20 к., молотого бентонита — 17 р. 64 к.

Объем капитальных вложений, необходимых для промышленного освоения месторождений, должен быть определен исходя из удельных капитальных вложений. Последние представляют собой затраты на создание основных фондов предприятий, рассчитанных на единицу вновь созданной мощности и прироста годовой продукции.

По ряду отраслей народного хозяйства в настоящее время имеются разработанные нормативы удельных капитальных вложений. Однако по бентонитовым глинам таких нормативов пока нет.

В связи с этим до разработки указанных нормативов для определения объема капитальных вложений могут быть применены удельные капиталовложения по аналогичным, наиболее экономичным проектам сооружаемых или намечаемых к строительству предприятий, а также удельные капитальные вложения по технико-экономическим расчетам на строительство новых и реконструкцию действующих предприятий.

В объеме капитальных вложений должны быть учтены и затраты на геологоразведочные работы.

После установления объема капитальных вложений должны быть определены их эффективность и срок окупаемости.

Эффективность капитальных вложений определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{Ц - С}{К},$$

где Ц — стоимость годовой продукции в оптовых ценах;

С — годовая продукция по себестоимости;

К — общая сумма капитальных вложений.

Срок окупаемости является обратной величиной эффективности — $\frac{1}{\mathcal{E}}$.

Для предприятий, производящих добычу бентонитовых глин, эффективность капитальных вложений может быть порядка 0,2, а срок окупаемости — 5 лет.

Ниже для ориентировки приводятся оптовые цены, вводимые в действие с 1 января 1966 г. на некоторые бентонитовые глины.

Оптовая цена 1 т франко вагон станция отправления

Гумбрин кусковой	5,20 руб.
Гумбрин молотый	11,00 »
Бентонит асканский кусковой	8,00 »
Бентонит асканский молотый	25,00 »

В заключение необходимо отметить, что при определении возможных потребителей бентонитовых глин следует считать нецелесообразным применение в промышленности кускового бентонита. Что же касается молотого бентонита, то оптимальный радиус его транспортировки не должен превышать 2000 км. Допущение такого сравнительно большого расстояния перевозки молотого бентонита обусловлено неравномерным размещением в настоящее время разведанных месторождений качественных бентонитовых глин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авидон В. П. Предварительные испытания глин в полевых условиях. Госгеолтехиздат. М., 1963.
2. Ализаде А. А., Ротко М. А. Вулканические пеплы Юго-Западного Туркменистана. Уч. зап. Туркменского ун-та, вып. 6. Ашхабад, 1956.
3. Ализаде Х. А. Литолого-минералогическая характеристика бентонитовых глин северо-восточной части Малого Кавказа. Автореф. диссерт. Баку, 1963.
4. Белянкин Д. С., Петров В. П. Новое в минералогии и петрографии асканских глин. Тр. Геол. ин-та АН ГрузССР. Тбилиси, 1951.
5. Белькевич П. И. Химико-минералогический состав и технологические свойства глин Белоруссии. Минск, 1958.
6. Бентонитовые глины (гильяби) Азербайджана. Под ред. Г. Х. Эфендиева. Изд. АН АзССР, Баку, 1951.
7. Бентонитовые глины Грузинской ССР. Под ред. А. А. Твалчрелидзе. Изд-во «Техника да Шрома», Тбилиси, 1941.
8. Бентонитовые глины Грузии и их применение в народном хозяйстве. Изд. АН ГрузССР. Тбилиси, 1953.
9. Бентонитовые глины, их ресурсы и перспективы развития сырьевой базы в СССР. (Решение экспертно-геологического совета МГиОН СССР в июне 1961 г.) «Советская геология», № 10, 1961.
10. Бентонитовые глины Узбекистана. Изд. АН УзССР. Ташкент, 1963.
11. Бентонитовые глины Поволжья и пути их использования в народном хозяйстве. Сб. статей Тат. совнархоза. Казань, 1961.
12. Бентонитовые глины Украины. Изд. АН УССР. Киев, 1955.
13. Бентонитовые глины Украины. Изд. АН УССР. Киев, 1958.
14. Бентонитовые глины Украины. Изд. АН УССР. Киев, 1959.
15. Бентонитовые глины Украины. Изд. АН УССР. Киев, 1962.
16. Берлин Т. С. Определение обменной емкости органическими красителями. Исследование и использование глин. Изд. Львовск. гос. ун-та. Львов, 1958.
17. Блох А. М. Бентонитовые глины в Забайкалье. Докл. АН СССР, т. 128, № 5, 1959.
18. Бостанджогло А. В., Шамрай Л. Н. Противофильтрационные экраны из бентонитовых глин. Бентониты Узбекистана. Изд. АН УзССР. Ташкент, 1963.
19. Брагин Ю. Н. Бентонитовые глины триасовых отложений Донбасса. «Литология и полезные ископаемые», № 3, 1965.
20. Бродская Н. Г., Захарова М. А. Литолого-тектонические комплексы в третичных отложениях Сахалина и связанные с ними осадочные полезные ископаемые. Изв. АН СССР, серия геол., № 7, 1960.
21. Будников В. И., Казанский Ю. П., Лежин А. И. Открытие бентонитов в Кузбассе. Докл. АН СССР, т. 131, № 6, 1960.
22. Быков В. Т. Исследование структуры природных сорбентов. Методы исследования структуры высокодисперсных и пористых тел. Изд. АН СССР, М., 1953.
23. Быков В. Т. Природные сорбенты Дальнего Востока. Тр. Дальневосточного филиала АН СССР, серия химич., вып. 3. Изд. АН СССР, М., 1958.
24. Веденеева Н. Е., Викулова М. Ф. Метод исследования глинистых

минералов с помощью красителей (спектрофотометрический анализ). Изд. Львовск. гос. ун-та, 1956.

25. Верзал А. И., Авксентьев А. Н., Зуев Н. И. Глинистые породы Белоруссии. Изд. Ин-та геол. наук АН БССР. Минск, 1959.

26. Вертунов А. Н., Гриднев Н. И., Тесленко Г. И. О монтмориллонит-пальгорскитовых глинах Тару-Айгыра (южный склон хребта Кунгей Алатау). Тр. Фрунзенского политехн. ин-та, вып. 10, 1963.

27. Викулова М. Ф. Исследование минералогического состава глин электронным микроскопом. «Советская геология», № 39, М., 1949.

28. Викулова М. Ф. Процессы глинообразования в осадочных толщах. Международное совещание по глинам в Брюсселе. Изд. АН СССР, 1958.

29. Викулова М. Ф. Значение разных методов минералогического анализа для исследования состава глин (материалы Пражского совещания). Acta Universitatis Carolinae — Geologica Supplementum, I, 1961.

30. Гвелесиани В. П. Осветление вин бентонитовыми глинами. Изд-во «Пищевая промышленность», М., 1964.

31. Гедройц К. К. Избранные сочинения. Сельхозиздат, М., 1956.

32. Гинзбург И. И., Рукавинникова И. А. Минералы древней коры выветривания Урала. Изд. АН СССР, М., 1951.

33. Гинзбург И. И. Ближайшие задачи при решении важнейших проблем минералогии глин. Исследование и использование глин. Изд. Львовск. гос. ун-та, 1958.

34. Горбунов Н. И. Поглотительная способность почвы и ее природа. Сельхозгиз, М., 1949.

35. Горбунов Н. И. Почвенные коллоиды. Изд. АН СССР, 1957.

36. Грим Р. Е. Минералогия глин. Изд-во иностр. лит. М., 1956.

37. Дзоценидзе Г. С. О роли эффузивного вулканизма и образовании месторождений полезных ископаемых (на примере Грузии). Вопросы магматизма и металлогении СССР. Изд. АН УзССР, 1958.

38. Дзоценидзе Г. С., Мачабели Г. А. Генезис бентонитовых глин Грузинской ССР. International Clay Conference, Pergamon Press, v. II, 1963.

39. Дзоценидзе Г. С. Влияние вулканизма на образование осадков. Изд-во «Недра», 1965.

40. Демьянова Е. А. Бентониты Приаргунья. «Разведка и охрана недр», № 4, 1960.

41. Дубинин М. М. Сорбционные свойства и пористая структура адсорбентов. Природные минеральные адсорбенты. Изд. АН СССР, Киев, 1960.

42. Дьяконов Ю. С. Рентгеновский количественный анализ смесей глинистых минералов. Мин. сб. ВСЕГЕИ, № 2, вып. 45, 1961.

43. Ерофеев В. С. Приманракская группа месторождений бентонитовых глин в Зайсанской впадине. Изв. АН Казахской ССР, серия геол., № 2, 1964.

44. Жигач К. Ф., Яров А. Н. Об оценке набухаемости глин. Изв. вузов. «Нефть и газ», № 10, 1959.

45. Жухавицкий Ю. В. Глинистые растворы в бурении. Гостехиздат, М., 1955.

46. Закиров М. З., Мерабишвили М. С. Бентонитовые глины Приташкентского района и их отбеливающие свойства. Докл. АН УзССР, № 3. Ташкент, 1960.

47. Закиров М. З. Палеогеновые глины Приташкентского района и пути их использования. Автореф. диссерт. Ташкент, 1961.

48. Звягин Б. Б. Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. Изд-во «Наука», 1964.

49. Зульфугаров З. Г. Исследование физико-химических свойств и отбеливающей способности глин месторождений Азербайджанской ССР и Гумбрина. Изд. АН АзССР. Баку, 1957.

50. Ильенко О. Г., Симилейская З. И. Очистка синтетического цезинна асканитом. Тр. Новочеркасского ордена Трудового Красного Знамени политехн. ин-та им. С. Орджоникидзе, т. 65. Новочеркасск, 1959.

51. Инструкция о порядке составления проектов и смет на производство геологоразведочных работ. Госгеолтехиздат, М., 1962.

52. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям глинистых пород. Госгеолтехиздат, М., 1961.
53. Инструкция о порядке внесения содержаний и оформлений материалов по подсчету запасов рудных и нерудных полезных ископаемых, представляемых для утверждения в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ) и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых (ТКЗ). М., 1960.
54. Исследование и использование глин (материалы совещания по глинам). Изд. Львовск. гос. ун-та, Львов, 1958.
55. Кирсанов Н. В. Плиоценовые глины в Татарской АССР. Тр. Казанского филиала АН СССР, серия геол., вып. 1. Казань, 1948.
56. Кирсанов Н. В. О формовочных глинах Татарии. Изв. КФ АН СССР, серия геол., № 3, 1959.
57. Кирсанов Н. В. Bentonитовые и бентонитоподобные глины Поволжья. Изв. КФ АН СССР, серия геол., вып. 1, 1961.
58. Кирсанов Н. В., Власов В. В., Сабитов А. А. О минералогическом составе бентонитовых глин Нурлатского месторождения в Татарской АССР. «Литология и полезные ископаемые», № 3, 1965.
59. Кистер З. Г. Исследование солеустойчивости палыгорскита. Коллоидный журнал, т. XXII, вып. 6, 1960.
60. Кистер З. Г. О набухаемости глин. «Нефтяное хозяйство», № 12, 1947.
61. Классификация запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1960.
62. Копелиович А. В., Коссовская А. Г., Шутов В. Л. О некоторых особенностях эпигенеза терригенных отложений платформенных и геосинклинальных областей. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1961.
63. Коссовская А. Г. Факторы, определяющие минеральный состав глин в условиях платформы в геосинклинали. Докл. АН СССР, т. 129, № 6, 1959.
64. Кульчицкий Д. И. Определение обменных катионов глин с предварительным вытеснением их метиленовым голубым в водном растворе. Бюлл. научн.-техн. информации, № 1 (45). Госгеолтехиздат, 1963.
65. Лазаренко Е. К. Некоторые вопросы изучения глинистых минералов и глин. Исследование и использование глин. Изд. Львовск. гос. ун-та, Львов, 1958.
66. Леквинадзе Р. Д., Роква М. Л., Эдилашвили В. Я. Об условиях залегания, составе и генезисе бентонитовых глин Асканского района. Геол. сб. № 1, КИМС. Гостехиздат, М., 1959.
67. Материалы научной конференции высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов животноводства и ветеринарии республик Закавказья (тезисы докладов). Грузинский зоветинститут. Тбилиси, 1965.
68. Мачабели Г. А. Условия образования монтмориллонитовых глин угленосной и пестроцветной свит Ахалцихской депрессии. Вопросы минералогии осадочных образований. Изд. Львовск. гос. ун-та, кн. 5, 1958.
69. Мачабели Г. А. К вопросу о генезисе глинистых минералов в осадочных породах. Тр. КИМС, серия геол., вып. IV (6). Тбилиси, 1963.
70. Мачабели Г. А., Мерабишвили М. С., Вяхирев Н. П., Мдивнишвили О. М., Паремузова Г. А., Акопова М. Я. Bentonитовые глины главнейших месторождений Поволжья. Тр. КИМС, вып. VI (8), серия технол. Тбилиси, 1965.
71. Мачабели Г. А. Месторождения бентонитовых глин СССР и их связь с вулканизмом. В сб. «Вулканогенно-осадочные формации и полезные ископаемые». Изд-во «Наука», 1965.
72. Мдивнишвили О. М., Виноградов Г. В. Геологическое исследование суспензий аскангеля и некоторых его производных. Коллоидный журнал, т. XX, вып. 5. Изд. АН СССР, 1958.
73. Мдивнишвили О. М., Вяхирев Н. П. Рентгенографическое исследование межплоскостной воды в монтмориллоните. Тр. КИМС, вып. VI (8), серия технол. Тбилиси, 1965.
74. Мерабишвили М. С., Тугуши Н. П., Филатов С. С. Bentonиты месторождения Саригюх в Армении. Сообщ. АН ГрузССР, т. XV, № 7, 1954.
75. Мерабишвили М. С., Мдивнишвили О. М., Мачабели Г. А.

Сравнительное изучение активированности бентонитовых глин главнейших месторождений Союза. Природные минеральные сорбенты. Изд. АН УССР. Киев, 1960.

76. Мерабишвили М. С., Мачабели Г. А., Мдивнишвили О. М., Пондоева Е. Сравнительное изучение бентонитовых глин Кавказа и Средней Азии. Тр. КИМС, вып. II (4). Тбилиси, 1960.

77. Мерабишвили М. С., Мачабели Г. А., Мдивнишвили О. М., Квирикадзе Г. А. Состояние и перспективы освоения бентонитовых глин главнейших месторождений Союза. Геол. сб. КИМС, № 2. Госгеолтехиздат, М., 1962.

78. Мерабишвили М. С. Бентонитовые глины — природные особенности, физико-химические свойства, области применения, основные месторождения СССР. Госгеолтехиздат, М., 1962.

79. Мерабишвили М. С., Мачабели Г. А., Уридия Л. Я., Мдивнишвили О. М. Сравнительное изучение бентонитовых глин восточных районов Советского Союза. Тр. КИМС (технол. серия), вып. IV (6). Тбилиси, 1963.

80. Мерабишвили М. С. К вопросу использования гумбрина в качестве связующего формовочных песков для литейного производства. Тр. КИМС, вып. IV (6), серия технол. Тбилиси, 1963.

81. Мерабишвили М. С. Состояние и перспективы промышленного использования бентонитовых глин Кавказа. Мат-лы совещания по исслед. и использованию глин. Изд. Львовск. гос. ун-та, 1958.

82. Методика разведки и оценки месторождений формовочных материалов. Госгеолтехиздат, М., 1963.

83. Методические указания по проведению отдельных этапов геологоразведочных работ. Госгеолтехиздат, 1961.

84. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин (коллектив авторов под руководством М. Ф. Викуловой). Госгеолтехиздат, 1957.

85. Методы изучения осадочных пород, т. I и II. Госгеолтехиздат, 1957.

86. Михайлов Б. М. Определение показателей преломления глинистых фракций пород с помощью Федоровского столика. Инф. сб. ВСЕГЕИ, № 2. 1955.

87. Михайлов Б. М., Петровская Т. С. Литология мезозойских и кайнозойских отложений Тургайского бурогоугольного бассейна. Тр. ВСЕГЕИ. Госгеолтехиздат, 1959.

88. Немова З. Н. О бентонитовых глинах с Горбки Закарпатской обл. Минерал. сб., I, Изд. Львовск. гос. ун-та. Львов, 1947.

89. Овчаренко Ф. Д., Быков С. Ф. Гидрофильность бентонитов в связи с их физико-химической природой. Коллоидный журнал, № 1, вып. 2, т. 16, 1954.

90. Овчаренко Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. Изд. АН УССР, Киев, 1961.

91. Овчаренко Ф. Д., Кириленко Н. Г., Коваленко Д. И., Растраница А. И. Украинские бентониты. Изд. АН УССР. Киев, 1960.

92. Овчаренко Ф. Д., Куковский Е. Г., Ничипоренко С. Н., Вдовенко Н. В. и др. Коллоидная химия палыгорскита. Изд. АН УССР. Киев, 1963.

93. Огинский И. М. Огнеупорные глины. Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 13. Госгеолтехиздат, М., 1952.

94. Онацкий С. П. Производство керамзита. Госстройиздат, М., 1962.

95. Пекун Ю. Ф. Минералогия бентонитовых глин западных областей УССР. Изд. Львовск. гос. ун-та, Львов, 1956.

96. Петров В. П. Геолого-минералогические исследования уральских белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису вообще. Тр. Ин-та геол. наук, вып. 95 (петрогр. серия), № 29, 1948.

97. Пондоева Е. И. Изучение бентонитовых глин и применение их для приготовления буровых глинистых растворов. Бентонитовые глины Грузии. Изд. АН ГрузССР. Тбилиси, 1958.

98. Положение о порядке составления и рассмотрения технико-экономических докладов о целесообразности промышленного освоения вновь открытых месторож-

дений полезных ископаемых и принятия по ним решений о переходе от предварительной к детальной разведке. Госгеолтехиздат, 1961.

99. Потапенко С. В. Глины и глинистые породы Украинской ССР. Изд. Акад. архитектуры УССР. Киев, 1952.

100. Природные минеральные сорбенты (материалы совещания). Изд. АН УССР. Киев, 1960.

101. Природные сорбенты Сибири и Дальнего Востока. Изд-во «Наука», М., 1965.

102. Ратеев М. А. Закономерности размещения и генезис глинистых минералов в современных и древних морских бассейнах. Изд-во «Наука», 1964.

103. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Под редакцией Г. Брауна (перевод с английского). Изд-во «Мир», М., 1965.

104. Родопуло А. К., Гвелесиани В. П. Сравнительное изучение бентонитов, как осветлителей вин. «Виноделие и виноградарство СССР», № 4, 1951.

105. Роква М. Л. К петрографии и минералогии гумбрина и бентонитовых глин. Тр. Грузгеолуправления, вып. III. Тбилиси, 1941.

106. Роква М. Л., Челидзе Л. А. Некоторые новые месторождения бентонитовых глин. Тр. Кутаисского пед. ин-та им. А. Цулукидзе, т. IX, 1949.

107. Роква М. Л. О генезисе бентонитовых глин Грузинской ССР. Бюлл. КИМС, № 2. Тбилиси, 1959.

108. Ротермель З. А., Кирсанов Н. В., Залезняк П. Н. К вопросу использования модифицированных бентонитов Татарии в качестве биостимуляторов в животноводстве. Тр. Казанского с.-х. ин-та им. М. Горького. вып. 44. Казань, 1964.

109. Сейдов А. Г., Ализаде А. Минералогия и условия образования бентонитовых глин Азербайджана. Изв. АН АзССР, серия геол. и географ., № 4. Баку, 1964.

110. Соболев В. С. Введение в минералогию силикатов. Изд. Львовск. гос. ун-та, 1949.

111. Самойлов В. Ф., Мельников И. М. Каолин. Оценка месторождений при поисках и разведках, вып. 11. Госгеолиздат, М., 1951.

112. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. II. Изд. АН СССР, 1960.

113. Твалчрелидзе А. А., Филатов С. С. Глины отбеливающие. Неметаллические ископаемые СССР, т. IV. Изд. АН СССР, 1941.

114. Твалчрелидзе А. А., Дзодендзе Г. С., Схиртладзе Н. И. Верхнеэоценовая щелочная вулканогенная толща Аджаро-Имеретинского хребта и связанные с ней бентонитовые глины. Тр. Тбилисского гос. ин-та, т. 72, 1959.

115. Твалчрелидзе А. А., Филатов С. С., Роква М. Л. Глины бентонитовые. Природные ресурсы ГрузССР. Т. 16. Неметаллические ископаемые. Изд. АН СССР, М., 1959.

116. Тугуши Н. П. Вещественный состав бентонитовых глин месторождения Саригюх Армянской ССР. Тр. КИМС, вып. III (5). Тбилиси, 1961.

117. Тесленко Г. И. О бентонитовых глинах Узбекистана. Мат-лы по геологии, минералогии и использованию глин. Изд. Комиссии по изучению глин при отд. геол.-географ. наук АН СССР, М., 1960.

118. Туманский А. А., Меренков Б. Я., Лурьев М. А. Глины. Требования промышленности к качеству минерального сырья, вып. 54. М., 1948.

119. Туманский А. А. Формовочные глины. Изд. ЦБТИ, М., 1956.

120. Физические методы исследования осадочных пород и минералов. Изд. АН СССР, 1962.

121. Филатов С. С. Адсорбенты. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Тр. ВИМС, вып. 62. М., 1948.

122. Филатов С. С., Акопова М. Я. Ускоренные методы определения обменных катионов в глинах. Бюлл. КИМС, № 1. Тбилиси, 1958.

123. Цветков А. И. Об особенностях термического анализа глин. Исследование и использование глин. Изд. Львовск. гос. ун-та, 1958.

124. Цицишвили Г. В., Топурия З. М. Адсорбция и строение вещества. Тр. Ин-та химии АН ГрузССР, т. VII. Тбилиси, 1946.

125. Цицишвили Г. В. Сорбционные процессы (на груз. языке). Изд. Тбилисского гос. ун-та. Тбилиси, 1959.

126. Чернышевская З. А. О месторождениях бентонитовых глин в южной части Сахалина. Сообщ. Сахалинского комплексного научно-исслед. ин-та, АН СССР, вып. 4, 1956.

127. Чентемиров М. Т., Горных В. Н. Производство и применение керамзита. Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строит. материалам, М., 1963.

128. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955.

129. Чхубианишвили З. Н., Поцхверашвили Б. С., Джанашия В. А., Кухалейшвили И. А., Мерабишвили М. С. Новый наполнитель бумаги. «Бумажная промышленность», № 11, М., 1965.

130. Шоболов С. П. Геология, вещественный состав и важнейшие технологические свойства бентонитовых глин Огланлынского месторождения. Исследование и использование глин. Изд. Львовск. ун-та, 1958.

131. Шутов В. О., Долматова Т. В. Характер изменения каолинита в терригенных породах при глубоком эпигенезе. Тр. Междунар. конференции по глинам. Прага, 1962.

132. Эдилашвили В. Я., Леквинадзе Р. Д. К генезису асканских бентонитовых глин. Сб. тр. Геол. ин-та АН ГрузССР, Тбилиси, 1951.

133. Юсупова С. М. Коллоидно-химические свойства глин Узбекской ССР. Изд. АН УзССР. Ташкент, 1951.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<i>Глава I.</i>	
Общие сведения о составе, свойствах и использовании бентонитовых глин	5
<i>Глава II.</i>	
Генетическая и промышленная классификация месторождений бентонитовых глин	26
Генетическая классификация	26
Промышленная классификация месторождений бентонитовых глин	32
<i>Глава III.</i>	
Методика поисков и разведки месторождений бентонитовых глин	33
Некоторые особенности поисков бентонитовых глин	34
Поиски	36
Поисково-разведочные работы	37
Предварительная разведка	37
Детальная разведка	40
Эксплуатационная разведка	44
Гидрогеологическое изучение	45
<i>Глава IV.</i>	
Методика опробования и лабораторного изучения	45
Особенности опробования бентонитов	45
Полевые методы изучения	49
Лабораторное изучение	54
<i>Глава V.</i>	
Основные факторы промышленной оценки месторождений бентонитовых глин	65
Литература	70

М. Л. Роква, Г. А. Мачабели, М. С. Мерабишвили

ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Редактор издательства *А. М. Антокольская*. Техн. редактор *В. В. Максимова*
Корректор *В. Д. Баранчук*

Сдано в набор 15/XII 1970 г.	Подписано в печать 4/V 1971 г.	Т-06686.	Формат 60×90 ¹ / ₁₆ .
Печ. л. 4,75.	Уч. изд. л. 5,10.		Бумага № 2.
Индекс 3-4-1.	Заказ 48/10216-14.	Тираж 1000 экз.	Цена 26 к.

Издательство «Недра». Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.
Саратов. Производственное объединение «Полиграфист». Пр. Кирова, 27.

26 к.

1896

НЕДРА - 1971