

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 38.15.19,87.01.75

Л.С. Васильянова¹

¹Национальный центр научно-технической информации,
г. Алматы, Казахстан

БЕНТОНИТЫ В ЭКОЛОГИИ

Аннотация. В настоящее время проявляется тенденция к вовлечению в производственную деятельность новых нетрадиционных источников минерального сырья. Наиболее показательны в этом отношении природные минералы с высокой адсорбционной активностью, а именно бентониты. Бентониты относятся к классу слоистых силикатов глинистого типа, общими свойствами которых являются дисперсность, коллоидность, набухаемость, адсорбция. Они обладают высокой связующей способностью, ионообменными, поглощательными и отбеливающими свойствами, низкой стоимостью и широкой доступностью, что позволяет эффективно использовать их для решения сложных экологических задач. В статье описаны месторождения, строение и состав, различные области применения бентонитов. Представлены современные высокоэффективные и безопасные технологии очистки различных объектов от токсинов с помощью доступных и дешевых природных сорбентов - бентонитов. Подробно освещены разработки отечественных и зарубежных ученых по использованию бентонитов в экологических сферах.

Ключевые слова: экология, сорбенты, бентониты, природные минералы.



Түйіндеме. Қазіргі кез минералды шикізаттардың жаңа дәстүрлі емес кездерін өндірістік қызметтерге тарту үрдістері байқалуда. Осыған байланысты жоғары адсорбциялық белсенділігі жоғары табиғи минералдар, нақты айтқанда бентониттердің орны ерекше. Бентониттер жалпы қасиеттері бытыраңқылық, коллоидтық, дымқылдаңғыштық, адсорбциялық болып табылатын сазды түрдегі қатпарлы силикаттардың класына жатады. Олар жоғары байланыстырғыш қабілеттілікке, ион алмастырғыштық, сіңімділік және ағарғыштық қасиеттерге ие, сонымен қатар күрделі экологиялық міндеттерді шешу үшін оларды тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін төмендетілген бағаға және кенді ауқымды қолжетімділікке ие болып табылады. Табиғи минералдар мен бентониттердің әртүрлі қолдану салалары, кен орындары, құрылымдары мен құрамы сипатталған. Қолжетімді, әрі арзан табиғи сорбенттер мен бентониттердің көмегімен әралуан нысандарды токсиндерден тазартудың қазіргі заманғы аса тиімді және қауіпсіз техноло-

гиялары ұсынылған. Суды тазалауда, ауылшаруашылығында, құрылыста, сонымен қатар медицина, экологиялық салаларда бентониттерді пайдалану бойынша отандық және шетелдік ғалымдардың өзірлемелері толығымен ашылып көрсетілген.

Түйінді сөздер: экология, сорбенттер, бентониттер, табиғи минералдар.



Abstract. Currently, there is a tendency to implicate in productive activity of new non-traditional sources of raw materials. Most significant in this regard is ground natural minerals with high adsorption activity, namely bentonites. Bentonites belong to the class layered silicate of clay type, which general properties are dispersion, colloidal, expansibility, adsorption. They have a high binding ability: ion exchange, absorption and bleaching properties, low cost and wide availability, which allows to use them effectively to solve difficult ecological issues. The article describes the deposits, structure and composition, different fields of use of bentonite. The modern highly effective and safe technologies of cleaning of different objects from toxins with the help of low costing and available natural sorbents - bentonites. The developments of domestic and foreign scientists are discussed in detail on the use of bentonite in ecological fields. The material of the article can be useful for the specialists, working in the fields of industrial ecology, water treatment, agriculture, construction and medicine.

Key words: ecology, sorbents, bentonite, natural minerals.

Употребление минеральных веществ животными и человеком широко распространено во всем мире и известно на всех континентах. В Австралии туземцы используют в пищу так называемую "жирную землю". В США чернокожее население употребляет в пищу глину из долины р. Миссисипи, в Швеции саамы, а в России якуты едят глинистую массу "таас-хаяк" – каменное масло. В некоторых районах Африки и Океании местные жители в торжественных случаях подают на стол определенные сорта белых, голубых и зеленоватых глин для особо уважаемых гостей.

В народной медицине Востока бентонитовая глина издавна применяется в качестве детской присыпки, адсорбирующего и ранозаживляющего средства. Сведения о лечебном значении бентонита имеются в трудах Абу Али ибн Сины. В медицинских трудах выдающегося врача античности Галена (129-199 н.э.) указывается, что при добавлении в лекарства бентониты смягчали и удлиняли их действие. Народная медицина Тибета использовала глину в качестве компрессов и аппликаций на больные места. Бентонит, смоченный водой, применялся при воспа-

лительных процессах, а в смеси с водой и глицерином – при легочных и ревматических заболеваниях, проявлениях золотухи, экземы, для очистки и заживления ран, а также в качестве лечебного и профилактического средства при опрелостях, как вяжущее средство при расстройствах желудочно-кишечного тракта, для лечения потливости стоп [1].

Бентониты, *бентонитовые глины* – (от названия г. Форт-Бентон, Fort Benton, шт. Монтана, США, в районе которого впервые была обнаружена эта глина) – это глины, состоящие в основном из минералов группы монтмориллонит и диспергирующиеся в воде до коллоидного состояния [2]. Бентониты относятся к классу высокодисперсных алюмосиликатов, имеют размер кристаллов на уровне меньше 1 мкН и вследствие этого – большую удельную поверхность. Эти минеральные образования появились на поздних этапах геологической истории около 140 млн. лет назад. Все крупные месторождения бентонитовых глин образовались путем подводного разложения вулканических пеплов и туфов, а расположение пород обусловлено наличием зон с высокой вулканической активностью. Бентонитовые месторождения залегают преимущественно в верхних слоях земной коры. Реже они встречаются на глубине более 100 м, их разработка в основном осуществляется открытым способом. Месторождения, пригодные для освоения с экономической точки зрения, содержат от нескольких тысяч до нескольких миллионов тонн бентонитовых глин, а их протяженность может составлять от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Во всем мире насчитывается порядка 5,5 млрд. т запасов бентонитовых глин, при этом 2,4 млрд. т (около 45 %) приходится на Китай (рис. 1). Также значительными запасами обладают США (около 15 %), Турция, Греция, Индия и Россия (примерно по 5-7 %). Большинство месторождений во всех странах содержит щелочноземельные бентониты, в то время как высококачественные щелочные бентониты имеют ограниченное распространение и сосредоточены в месторождениях вулканогенно-осадочного и гидротермально-метасоматического геолого-промышленного типов.

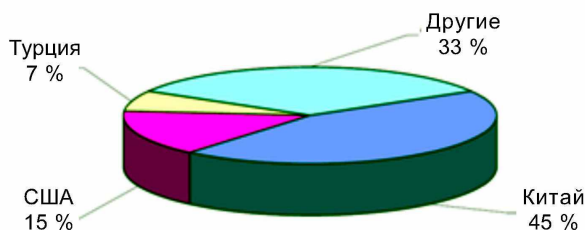


Рис. 1. Распределение мировых запасов бентонита

Крупнейшими производителями и главными экспортерами бентонита являются США, Греция, Китай, Турция. Крупнейший импортер бентонита в мире - Канада. Ежегодный объем добычи бентонитовых глин на протяжении последних лет достаточно стабилен и составляет немногим больше 10 млн. т. При этом около 38 % от общего объема добычи приходится на США. Второе и третье места по объемам добычи занимают Греция (9 %) и Турция (6 %).

Казахстан обладает достаточными запасами бентонитовых глин [3]. Бентонитоносные формации, являющиеся продуктивными толщами для монтмориллонитовых месторождений, широко развиты на территории Казахстана и приурочены к орогенным впадинам и прогибам, окаймляющим Казахскую складчатую систему, Туранскую плиту и Прикаспийскую впадину. Они разделяются на морские, континентальные, вулканогенно-гидротермальные и формации коры выветривания.

Наибольший практический интерес представляют месторождения Южного и Восточного Казахстана. В Южном Казахстане это Дарбазинское и Келесское месторождения с суммарными запасами 58 млн. т, а также Андреевское, Дзержинское, Ильдурсайское с общими запасами более 100 млн. т. В Восточном Казахстане известна Манракская группа месторождений бентонитовых глин с общими прогнозными ресурсами около 50 млн. т. Высоким качеством бентонита выделяются Таганское (10,6 млн. т) и Динозавровое (около 4 млн. т) месторождения [4].

При изучении Таганского месторождения выявлены особенности генезиса и распределение разновидностей монтмориллонита, определены запасы месторождения, выделены природные и оконтурены промышленные типы бентонитов. По результатам исследований на месторождении утверждены 3 типа бентонитовых глин: щелочные, щелочноземельные и фармацевтические. Разнообразие свойств монтмориллонитов и бентонитовых глин, связанное с особенностями генезиса Таганского месторождения, позволяет использовать их в различных промышленных технологиях. Щелочные бентониты применяют для получения буровых растворов, безнатриевые монтмориллониты - в производстве катализаторов. Фармацевтические разности представлены щелочными монтмориллонитами 12 горизонта, которые являются сырьем для получения энтеросорбентов, выводящих из организма человека ионы тяжелых металлов и радионуклиды [5].

В настоящее время в Казахстане разрабатываются 8 месторождений: Сарбайское (АО "ССГПО"), Таганское (ТОО "Алтайские минералы"), Динозавровое (ТОО "Арника"), Аккалканский участок (ТОО "B-Clay"), Акжарское (ТОО "Компания Жибек Жолы"), Ильдербайское (ТОО "Талды-Корганресурс"), Келесское (ТОО "Сахара"), Молдыагаш (АО "Волковгеология"), фланги Таганского месторождения (ТОО "Бентон"). Производство бентопорошка осуществляют ТОО "B-Clay", ТОО "Алтайские минералы" и ТОО "Бентон". Однако внутреннее производство лишь частично покрывает нужды республики. В период 2005-2008 гг. оно составило 3-5 тыс. т. Более половины от потребляемого бентонита импортируется. Объем импортных поставок из года в год увеличивался и в 2009 г. составил 14,29 тыс. т, что в 2 с лишним раза больше уровня 2005 г. Основными странами, поставляющими бентонит в Казахстан, являются Россия и Китай.

Бентонитовыми глинами (бентонитами) принято называть тонкодисперсные глины, главными составляющими которых являются монтмориллонит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и бейделлит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Монтмориллонит впервые обнаружен в 30-х гг. XX в. во Франции, в белых и розовых бентонитах в окрестнос-

тях г. Монтмориллон, с которым и связано его название. Минералы монтмориллонитовой группы (сметкиты) обладают высокой связующей способностью, адсорбционной и каталитической активностью. В качестве примесей в бентонитах находятся смешанослойные минералы, гидрослюда, палыгорскит, цеолиты, каолинит, галлуазит и др. Встречающиеся в природе разновидности бентонитов отличаются не только по химико-минералогическому составу и физико-химическим свойствам, но и по внешним признакам. Цвет слабо изменённых бентонитов колеблется от белого до светло-зелёного и светло-синего, становясь по мере их выветривания кремовым, а затем жёлтым, красным или коричневым. Бентонит жирный и мылоподобный на ощупь.

Бентонитовая порода состоит в основном из сметкитовых минералов, кристаллическая решетка которых сложена из слоев. В элементарную ячейку входят 3 слоя, составляющие пакет. Крайние верхний и нижний слои пакета образованы тетраэдрами $AlSiO_4$ и называются тетраэдрическими. Между тетраэдрическими слоями расположен слой из октаэдров Al и Fe, названный октаэдрическим.

Трехслойный пакет имеет отрицательный заряд, обусловленный замещением трехвалентных элементов (Al, Fe) в октаэдрическом слое на двухвалентные элементы (Mg, Fe) или четырехвалентного Si на трехвалентный Al в тетраэдрическом слое. Возможен вариант, когда отрицательный заряд пакета обусловлен реакциями замены как в октаэдрическом, так и в тетраэдрическом слоях. Благодаря отрицательному заряду на поверхности пакета располагаются положительные одно-, двух- и трехвалентные катионы. Это главным образом Na, K, Ca, Mg и Fe. В результате взаимодействия с водой вокруг этих катионов могут образовываться гидратные оболочки и агрегат пакетов при этом набухает. Характерно, что объем гидратной оболочки для разных катионов различен. Наибольшей гидратирующей способностью обладают ионы щелочных металлов и в первую очередь натрий. Существенно меньшая гидратирующая способность отмечена у ионов щелочноземельных металлов – кальция и магния.

Указанная особенность смектитов набухать, увеличиваясь в объеме в 2-20 раз, является чрезвычайно важным свойством для их промышленного использования. Среди смектитов самой высокой набухающей способностью обладает монтмориллонит, в котором главным обменным катионом является Na. Они получили название щелочных бентонитов. Бентониты, в которых среди обменных катионов преобладает Ca, названы кальциевыми. Кроме Ca в монтмориллоните в значительном количестве может присутствовать Mg. Наиболее часто встречаются кальциево-магнезиальные (щелочноземельные) разновидности. Кальциевые и кальциево-магнезиальные бентониты можно перевести в натриевые путем их обработки растворами натриевых солей. Такие натриевые бентониты называются активированными, а процесс ионообменного замещения – активацией.

В соответствии с требованиями современной промышленности к истинным бентонитам относится монтмориллонитовая глина, содержащая более 70 % монтмориллонита. Если глина на 80-90 % состоит из смешанослойных минералов, в которых содержание монтмориллонитовых слоев превышает 70 %, то ее можно отнести к бентонитам, но с несколько другим названием – гидрослюдистый (иллитовый) или калиевый бентонит. Все глины, в которых монтмориллонита менее 70 % или вместо монтмориллонита присутствует какой-либо другой минерал из группы смектитов, следует относить к бентонитоподобным глинам или "бентоноидам".

Бентонитовая глина большинства казахстанских месторождений по качественным характеристикам не уступает эталонному Вайомингскому бентониту (США) и находит широкое применение в разных отраслях производства. Изучены фазовый, химический составы и физико-химические свойства глинистых минералов шести литологических горизонтов Таганского месторождения [6]. Методом рентгенофазового анализа установлено, что основными фазовыми составляющими всех исходных глин являются монтмориллонит и кварц, количество которых зависит от глубины залегания пласта. Содержание монтмориллонита в пробах колеблется от 64 до 98 %. По данным рентгеноспектрально-

го анализа, химический состав глин представлен в основном оксидами кремния (57,8-70,1) и алюминия (12,1-25,2). Причем соотношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ меняется антибатно содержанию монтмориллонита. Кроме того, в состав глин входят оксиды Na, K, Mg, Ca, Ti, Mn, Fe и вода. Показано, что набухаемость бентонитов увеличивается с глубиной залегания пород. Выявлены глины, обладающие благоприятным сочетанием обменных катионов и оптимальными физико-механическими свойствами, необходимыми для приготовления катализаторов нефтепереработки. На основании полученных данных наиболее подходящим сырьем для производства катализаторов крекинга можно считать глины 12-го и 14-го литологических горизонтов Таганского месторождения.

Бентониты Таганского месторождения являются сырьем для производства различных материалов экологического назначения. На основе глин 11 горизонта можно производить регуляторы плодородия почвы, биокатализаторы воды, фильтры для очистки питьевой и сточной воды, основы для минеральной краски. Двенадцатый горизонт представлен как щелочными, так и щелочноземельными разновидностями бентонита, который может быть использован в качестве наполнителей мыла, чистящих средств, красок, катализатора крекинг-процесса переработки нефти. Природные сорбенты этого месторождения используются в литейном и машиностроительном производствах, при получении высококачественных буровых растворов и железно-рудных концентратов. Установлено, что бентониты Таганского месторождения способны повышать плодородие почв, а также рекомендованы для применения в медицине и ветеринарии.

Запасы бентонитовых глин 12, 13, 14 горизонтов месторождения Динозавровое утверждены в количестве 3,6 млн. т, главный породообразующий минерал – монтмориллонит, второстепенные минералы – гидрослюда, каолинит с переходом в монтмориллонит и галлуазит [7].

ТОО ПИЦ "Геоаналитик" совместно с ТОО "Алекс Минерал Компани" в 2011 г. проведено обследование месторождения Ибата, расположенного в юго-западной части Большого Каратау на возвышенности Бозтан в Туркестанском районе. Месторождение

Ибата представлено единым пологозалегающим пластом бентонитовых глин, разведанным по промышленным категориям на площади 46,48 га. По падению пласт прослежен на 770 м, по простиранию – на 600 м. По результатам общих силикатных, солевых, химических, гранулометрических, петрографических, минералогических анализов и подсчета запасов установлено, что бентонитовые глины месторождения Ибата пригодны для производства керамзитовых материалов. Достаточный запас, близость к промышленным центрам (35 км от г. Туркестана) и наличие асфальтированной дороги создают благоприятные условия для организации производства керамзита из бентонитовых глин этого месторождения.

Бентониты (коллоидные глины), добываемые на Калкаманском месторождении (Павлодарская область, г. Экибастуз), широко используются в нефтяной промышленности как отбеливающие глины и как связывающий материал в литейных формовочных смесях и керамических массах.

Бентонитовая глина является ценным ископаемым материалом, используемым в самых разных областях человеческой деятельности. Насчитывается более 200 областей применения бентонитовой продукции: буровые работы, металлургия, литейное производство, строительство, сельское хозяйство, экологические программы, адсорбенты, наполнители, добавки в корм животным, виноделие.

Следует отметить, что промышленные залежи ценных щелочных бентонитов, доступные для открытой разработки, крайне редки. Это обусловлено спецификой их образования и почти повсеместным переходом в приповерхностных зонах (зона окисления) в щелочноземельные разновидности. Щелочноземельные бентониты характеризуются меньшей гидрофильностью и связующей способностью и уступают по качеству щелочным бентонитам, поэтому в естественном состоянии используются мало. На практике они применяются в виде глинопорошков, представляющих собой продукт сушки и тонкого помола бентонитовой глины, сохранившей все свои коллоидно-химические свойства.

Бентонитовые глинопорошки добавляют в состав полимерных материалов, примешивают к бетонам, что повышает их водоадгезионные свойства. На основе бентонитового порошка производятся наиболее доступные по стоимости буровые смеси, обладающие высокими эксплуатационными свойствами и обеспечивающие отличные результаты при вертикальном или горизонтальном бурении. Широко применяется бентонит в литейном деле, при переработке нефтепродуктов и железных руд, в производстве керамики, для осветления растворов.

Свойства бентонитов позволяют применять их при захоронении токсичных отходов и в качестве буферных зон могильников. Барьер из бентонита препятствует вымыванию токсичных отходов из зон захоронения. Кроме того, бентониты применяются: в качестве адгезионной добавки для полимерных составов, при производстве резины для шин; в строительной отрасли и керамической промышленности для склеивания песка либо другого дисперсионного элемента.

Водоочистка. Благодаря высоким адсорбционным свойствам и высокой водоудерживающей способности, бентониты эффективно используются в различных экологических программах. Полезные свойства бентонитовых глин определяются специфическими особенностями структуры и характеризуются уникальной ионообменной способностью, поэтому их применяют для очистки воды как от неорганических, так и от органических примесей. Механизм сорбции загрязнений на глинистых материалах достаточно сложен и включает ван-дер-ваальсовы взаимодействия углеводородных цепочек с развитой поверхностью микрокристаллов силикатов и кулоновское взаимодействие заряженных и поляризованных молекул сорбата с положительно заряженными участками поверхности сорбента, содержащими ионы H^+ и Al^{3+} [8].

При изучении природных бентонитовых глин месторождений Восточного Казахстана выявлены следующие преимущества: высокие сорбционные свойства; доступность (месторождения расположены вблизи потребителей); низкая стоимость (по сравнению с реагентами, используемыми в технологии очистки сточ-

ных вод); устойчивость к температурам и климатическим условиям при транспортировке, хранении и эксплуатации. В этой связи проведены исследования по очистке природных вод Восточно-Казахстанской области бентонитовыми глинами Таганского месторождения [9]. Подземные воды данного региона характеризуются достаточно высокой жесткостью и повышенным содержанием ряда примесей, в частности, ионов тяжелых цветных металлов. Установлено, что бентониты позволяют улучшить качество воды на 50-70 %. При обработке воды даже небольшим количеством бентонитовой глины (Т:Ж=1:200, т.е. 5 кг сорбента на 1 м³ воды) достигается высокая степень ее очистки – более 85 %. Такую воду можно использовать не только на хозяйственно-бытовые нужды, но и в производствах, где требуется практически обессоленная вода (теплоэнергетика, получение редких металлов).

Для многих районов Казахстана важной задачей является очистка питьевой воды от патогенных бактерий. В последнее время для этого успешно используются природные сорбенты, обладающие высокой сорбционной ёмкостью, селективностью, катионо-обменными свойствами и способностью практически полного удаления ионов. С целью установления возможности очистки воды р. Сырдарья от патогенных бактерий изучены различные формы бентонитовой глины. Установлено, что бентонит 14-го горизонта Таганского месторождения после активации (20 %-ная серная кислота, 6 ч) и термообработки (120 °С, 6 ч) является оптимальным сорбентом для обеззараживания патогенных бактерий (*E.coli*, дизентерийная палочка) сырдарьинской воды. Разработан режим очистки: рН среды 6,0-6,5, время контакта 24 ч, расход адсорбента 0,2 г/дм³. Следует отметить, что кислотнo-активированный бентонит для обеззараживания микроорганизмов в питьевой воде играет двоякую роль: во-первых, как адсорбент, удерживает бактерии, во-вторых, создает кислую среду [10].

Оценена потенциальная способность бентонитовой глины в процессах очистки сточных вод ГКП "Оскемен Водоканал" от ионов тяжелых металлов. Лучшие результаты получены при ис-

пользовании термически (120 °С, 4 ч) и кислотно-активированного 20 %-ной серной кислотой бентонита 14-го горизонта Таганского месторождения. При массе навески 1 г степень извлечения меди составляет 77-95 %, а при массе 2 г – 84-96 %. Результаты эксперимента свидетельствуют, что после обработки бентонитом содержание меди в сточных водах не превышает норм ПДК [11].

Представлены результаты рекультивации шахтной воды от ионов Cu, Co, Cr, Fe, Hg, Ni, U и Zn с помощью бентонита, модифицированного L-гистидином [12]. Изучена адсорбция ионов металлов из водного раствора в зависимости от pH, исходной концентрации, времени контакта и температуры. Установлено, что адсорбция тяжелых металлов на модифицированном бентоните более эффективна при низких значениях pH. При моделировании процесса рассчитанная кинетика адсорбции подчиняется псевдоторому порядку, предполагая в качестве лимитирующей стадии хемосорбцию. Кажущаяся энергия активации была больше, чем 40 кДж⁽⁻¹⁾ для Cu, Zn, Ni, Co и U, что является характеристикой химической реакции. По результатам экспериментов сделано заключение, что модифицированный адсорбент может быть успешно использован для рекультивации шахтных вод.

В качестве сорбента для комплексной очистки шахтной воды Белоусовского полиметаллического месторождения Восточно-Казахстанской области был испытан природный щелочной бентонит 14-го горизонта Таганского месторождения [13]. Показано, что лучшими сорбционными свойствами обладает бентонит, прошедший термообработку при 110 °С и активированный в течение 4 ч 20 %-ной серной кислотой. Он обеспечивает практически полное извлечение ионов тяжелых металлов из шахтной воды.

Изучен процесс очистки нефтесодержащих сточных вод с помощью бентонитсодержащих сорбентов Кынгракского месторождения Южно-Казахстанской области, активированных серной и азотной кислотами в интервале концентраций 5-20 %. Максимальная величина адсорбции нефтепродуктов – 0,39 и 0,58 мг/г –

отмечена для бентонитов, активированных 5- и 10 %-ными растворами серной кислоты. Увеличение концентрации серной кислоты до 15 и 20 % для активации бентонита снижает адсорбцию нефтепродуктов до 0,25 и 0,22 мг/г соответственно, что связано с разрушением кристаллической решетки минерала. При активации бентонитов азотной кислотой максимальная величина адсорбции нефтепродуктов 40 мг/л установлена для образца, обработанного 10 %-ной HNO_3 . Эта величина в 2 раза больше, чем у проб, активированных 5 %-ным раствором HNO_3 , и в 3 раза больше, чем адсорбция на образцах, обработанных 15- и 20 %-ными растворами HNO_3 [14].

Перспективным направлением водоподготовки является создание новых материалов, способных обеспечивать требуемое качество воды и минимизацию затрат на их производство и очистку. С этой целью разработаны научные основы технологий очистки подземных вод от ионов жесткости с использованием сорбента на основе модифицированного бентонита и обратно-осмотических полиамидных мембран [15]. Полученные сорбционно-обменные материалы позволяют извлекать из воды ионы жесткости с заданной эффективностью не менее 70 % при начальных концентрациях солей жесткости от 8 до 22 мг-экв/л. Использование разработанных материалов обеспечивает стабильность потребительских свойств водных ресурсов, надежность водопотребления и водопользования.

Проведены испытания природных сорбентов для защиты грунтовых вод от загрязнения путем укрепления дна и откосов промышленных хвостохранилищ. В качестве исходных материалов использованы растворы кислот (H_2SO_4 , HCl , HF) с концентрацией 0,1-1,0 N и бентонит 14-го горизонта Таганского месторождения. В ходе эксперимента варьировались высота слоя бентонита (4-12 см) и время выдержки до 3 суток. Установлено, что через бентонит толщиной более 8 см ионы SO_4^{2-} , Cl^- , F^- не проникают, поэтому он может применяться как предохранительное устройство грунтовых вод от загрязнения жидкими промышленными отходами [16].

К числу наиболее опасных загрязнений окружающей среды, сбрасываемых с промышленными сточными водами, относятся органические вещества (фенолы, формальдегид) и сложные высокомолекулярные соединения (белки, жиры, углеводы). Они трудно поддаются удалению обычными способами водоподготовки, а строительство биологических очистных сооружений нецелесообразно для небольших объемов сточных вод, что приводит к их накоплению в окружающей среде. При попадании в водоемы указанные вещества поглощают растворенный в воде кислород на различные окислительные процессы, т. е. создают его дефицит для живых организмов и растений. В то же время загрязнение поверхностных вод высокомолекулярными органическими соединениями делает воду питательной средой для размножения различных бактерий и микроорганизмов, что способствует заражению обитателей водоемов болезнетворными микроорганизмами.

Для очистки сточных вод от органических соединений могут успешно использоваться природные сорбенты – бентонитовые глины. Повышение эффективности очистки и сокращение расхода сорбента достигаются путем его предварительной активации, регенерации, повторного использования, а также проведением очистки в несколько стадий. Применение материалов, сочетающих одновременно ионообменные, сорбционные и фильтрационные свойства, каковыми являются бентониты, позволяет совершенствовать методы водоподготовки и очистки стоков, создавать экономичные замкнутые водооборотные циклы и тем самым существенно улучшать экологические показатели промышленных предприятий.

Сельское хозяйство. Бентонит успешно применяется для ремедиации почв. Рассматривается актуальная сельскохозяйственная проблема загрязнения речных экосистем соединениями меди [17]. С целью санации почвы проведены исследования по оценке эффективности различных сорбентов (активированный уголь, бентонит, цементная пыль, хитозан, цеолит) в качестве почвоулучшителей сильно загрязненной речной поймы с содержанием меди 3041,9 мг/кг. Результаты экспериментов под-

тверждают значительное снижение содержания меди в почве при расходе бентонита 1 % по сравнению с контролем. Изучена способность бентонита извлекать чрезвычайно токсичные соединения кадмия и свинца из загрязненных пойменных почв и усвоение этих металлов рапсом (*Brassica париз*) [18]. Установлено, что использование бентонита позволило снизить в растениях содержание кадмия на 22-36 % и свинца – на 35-99 % по сравнению с контролем.

Для эффективной борьбы с сорняками путем пролонгированного действия гербицидов разработана рецептура почвенных добавок на основе цеолитов и бентонитов [19]. Вследствие проведения модификации данных природных сорбентов, адсорбционная емкость цеолита и бентонита увеличилась до 207,5 и 415,8 ммоль/кг соответственно. По результатам испытаний показано, что модифицированные минералы способствуют замедлению (до 64 %) выделения адсорбированного гербицида, а также сохранению его активного ингредиента в верхнем 5-сантиметровом слое почвы. Сделано заключение, что модифицированные минералы в качестве почвенных добавок являются эффективными природными средствами для борьбы с сорняками при одновременном снижении потерь гербицидов.

Бентонит относится к биологически активным веществам, внесение его в корм и с удобрениями в почву повышает продуктивность животных и урожайность сельскохозяйственных культур. Небольшие количества бентонитовой глины, добавляемые в корм животным, оказывают положительное воздействие на их рост и здоровье, так как бентониты являются ценной природной полиминеральной подкормкой и содержат целый ряд жизненно важных микроэлементов: кальций, серу, магний, железо, медь, цинк, марганец. Бентонит благоприятно влияет на процесс пищеварения животных и птиц, обладает высокой способностью к поглощению алкалоидов, микробных клеток и их токсинов, является хорошим гепатопротектором и нормализует деятельность органов воспроизводительной системы.

Испытания на животных показали, что бентонит уменьшает напряжение на фазовой границе «жир – вода» и, подобно жел-

чным кислотам, улучшает всасывание жирных кислот и жирорастворимых веществ. В желудочно-кишечном тракте животных бентонит адсорбирует воду и пищеварительные соки, увеличивая поверхность, на которую воздействуют бактерии, что усиливает действие питательных веществ корма. Благодаря этим свойствам, бентонит нашел широкое применение для приготовления разнообразных кормов для животных: влажных кормовых смесей в сочетании с отрубями и всех видов гранулированных комбинированных кормов [20]. Обогащение рационов бентонитами оптимизирует минеральную составляющую кормов и повышает в крови животных содержание кальция на 26,5 %, железа – на 39,9-46,5 %, меди – на 11,2-12,5 %, цинка – на 22,2-24,5 %. Бентониты благотворно влияют на энергию роста животных и их продуктивность, позволяя достичь прироста массы телят на 3,9-6,0 %, поросят – на 4,6-5,8 %, а также снижают затраты корма на единицу продукции на 4,1-6,4 % [21].

Бентониты обладают выраженной фармакологической активностью, оказывая значительное влияние на морфологические и биохимические показатели крови, стимулируя эритро- и гемопоз, увеличивая при этом концентрацию эритроцитов и уровень гемоглобина на 8,6-11,7 % и 12,4-16,1 % соответственно. Использование бентонитов способствует активизации белкового обмена (за счет повышения уровня общего белка на 14,0-16,0 % и нормализации его фракционного состава) и углеводного обмена (за счет увеличения концентрации глюкозы в 1,4-1,8 раза). Проведены испытания по включению в комбикорм свиней бентонитовой глины Таганского месторождения, в состав которой входят кальций 31,25 г/кг, калий 0,24 г/кг, натрий 7,0 г/кг, магний 7,8 г/кг, железо 12,6 г/кг, марганец 200,0 мг/кг, медь 30,0 мг/кг, цинк 15,0 мг/кг. Выявлено, что добавка бентонитовой глины в количестве 1 % от сухого вещества рациона увеличивает среднесуточный прирост свиней на 9,2 %, снижает затраты питательных веществ на единицу прироста на 10-12 %, повышает рентабельность производства на 10,7 % [22].

В результате многочисленных исследований выявлено положительное влияние бентонитов на пищеварение, прирост

живой массы, жирность молока, яйценоскость, на биохимические показатели крови и в целом на общее состояние животных:

- увеличение сохранения поголовья птицы на 2,13 %, среднесуточного прироста цыплят-бройлеров на 7,13 %;
- повышение уровня кальция и фосфора в сыворотке крови опытных телят по сравнению с контролем на 1,39 и 0,8 мг % соответственно;
- рост среднесуточного удоя коров на 0,79 кг, или на 9,1 %;
- рост содержания жира в молоке у опытной группы на 0,06 % по сравнению с контролем.

Бентониты повышают эффективность профилактики гастроэнтеритов поросят на 19,8 %, что проявляется снижением уровня заболеваемости в 2,7 раза и ростом их сохранности на 9,7 %. Использование бентонитов в дозе 2-3 % в комплексной терапии гастроэнтеритов у поросят различного возрастного периода (от 14 до 40 дней) оптимизирует иммунобиохимический статус организма животных, увеличивает терапевтический эффект по сравнению с традиционным лечением на 9,1 %, сокращает срок выздоровления на 3,2 дня. Введение в рационы крупного рогатого скота и свиней бентонитов в дозе 1,5 % к сухому веществу корма нормализует минеральный обмен и повышает усвоение животными цинка, железа и меди на 19,5-42,3 %, 11,7-21,4 % и 9,7 % соответственно.

Выявлена высокая эффективность бентонитов при хронических смешанных микотоксикозах животных и птицы. Ежедневное скормливание бентонитовых глин в составе комбикормов курам-несушкам в условиях промышленного технологического производства оказывает позитивное влияние на физиологическое состояние и биохимические процессы, протекающие в организме птиц, что проявляется повышением их сохранности и яйценоскости. Средняя масса яйца увеличивается на 1,2-1,6 %, значительно улучшается качество скорлупы, количество "боя" яиц снижается на 13,2 -14,0 %. Возрастают: концентрация белка на 14,0-16,6 %, глюкозы – на 19,4-22,0 %, уровень альбуминов – на 6,9-10,4 %. Снижаются признаки токсикоза, улучшается общее клиническое состояние. У поросят повышается сохран-

ность на 5-6 %, у свиней на откорме увеличивается прирост массы тела на 13,3 %.

Производственными испытаниями подтверждена высокая экономическая эффективность применения бентонитов в животноводстве и ветеринарии. Она складывается из оптимизации гематологического, биохимического и физиологического статуса организма, повышения перевариваемости и сбалансированности кормов по минеральным веществам, увеличения продуктивности и сохранности животных. Бентониты рекомендуются применять в качестве лечебно-профилактических средств при желудочно-кишечных заболеваниях неинфекционной этиологии, гипотрофии, анемии, коррекции минерального обмена, смешанных микотоксикозах, стрессовых нагрузках, а также для интенсификации обменных процессов в качестве средств, повышающих продуктивность животных. Благодаря всем этим свойствам, в последние годы в странах Европы широко стали использовать бентонитовые глины в рационах сельскохозяйственных животных как источник макро- и микроэлементов, а также для повышения перевариваемости питательных веществ корма.

Строительство. В мировой строительной практике одним из наиболее эффективно используемых гидроизоляционных материалов является натриевый бентонит.

Минерал имеет кристаллическую решетку, состоящую из трех слоев: два наружных слоя кремнекислородных сеток с атомами кремния в центрах и внутренний слой - плотноупакованные атомы кислорода или гидроксильных групп, между которыми расположены атомы алюминия. Сочетание этих трех слоев образует слоистые пакеты, связанные между собой обменными катионами Na, Ca, Mg, K и водой (рис. 2). В ходе гидратации натриевого бентонита силы взаимных связей уменьшаются настолько, что пакет пластинок распадается на отдельные частицы, происходит сильное увеличение общего объема глины примерно в 14-16 раз. Когда этот процесс происходит в замкнутом пространстве, возникает напряженное состояние в структуре образующегося геля, за счет чего водопроницаемость материала сильно снижается.

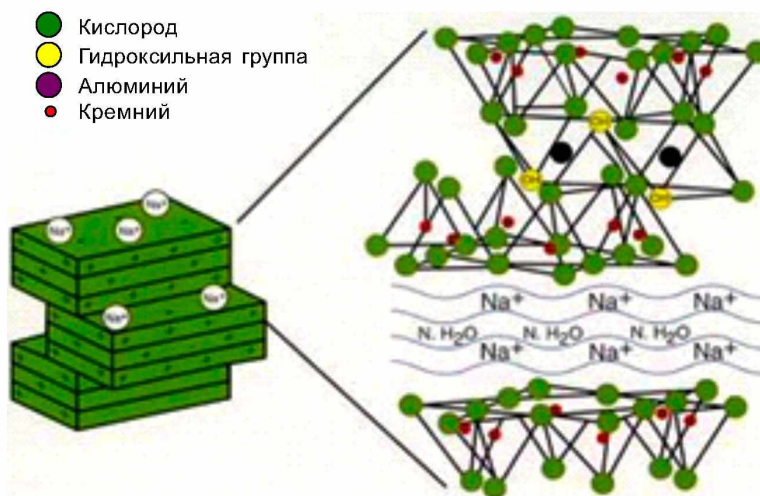


Рис. 2. Кристаллическая решетка натриевого бентонита

Это свойство бентонита положено в основу создания различных технологических производств, в том числе гидроизоляционных материалов группы "Изобент", "Барьер" фирмы «Геотехнологии». К этой группе относятся маты "Изобент", противодиффузионные экраны "Изобент-L", гидропрокладка "Барьер", гранулы "Бентол" [geotehno.ru/bentonit].

В качестве гидроизоляционного материала бентонитовые глины применяются в гидротехническом строительстве для укрепления земляных и бетонных дамб, ирригационных каналов, водохранилищ, в подземных сооружениях (метро, шахтах, туннелях) для закупорки зазоров между тубингами. Гидроизоляционный материал - бентомат очень удобен в эксплуатации и может применяться практически при любых погодных условиях, в том числе при отрицательных температурах. Гидроизоляционный щит, в составе которого присутствует бентонитовая глина, имеет длительный срок эксплуатации, выдерживает практически неограниченное количество циклов гидратации-дегидратации и легко переносит смену сезонов. Важным свойством гидроизо-

ляционного экрана из бентонита является его способность к самовосстановлению при получении повреждения.

Разработанные на основе минерального сырья сухие гидроизоляционные смеси, обладающие одновременно свойствами как традиционных, так и проникающих защитных материалов, используются в производстве специальных бетонов. В результате взаимодействия сухих гидроизоляционных смесей "Гидротэкс" с водой образуется гидроизоляционный раствор, который наносится на защищаемую мокрую или увлажненную поверхность. Принцип действия заключается в проникновении под воздействием осмотического давления химически активных веществ в капиллярно-пористую структуру бетона, где они взаимодействуют с составляющими цементного камня и образуют нерастворимые нитевидные кристаллы, заполняющие микротрещины, поры и капилляры бетона. Кольматируя поры, кристаллы уплотняют структуру бетона, тем самым перекрывая доступ воде, но не воздуху. Результатом этих процессов является формирование зрелого бетона в возрасте 60 суток класса В152, блокирование и залечивание трещин новообразованиями по границе контактного слоя "заполнитель - бетон". Глубина проникновения в бетон в зависимости от его пористости может достигать 100 мм и более (сплошным фронтом). Опыт применения показывает, что материал эффективен для защиты железобетонных конструкций от воды и агрессивных сред.

Рекомендованы следующие области применения указанного материала:

- в морском строительстве – ремонт и восстановление причальных сооружений, пирсов, волнорезов, камер доков, гравитационных набережных;
- на сооружениях промышленной гидротехники – гиперболические башенные градирни, аэротанки, фильтры-отстойники, бетонные конструкции очистных сооружений, бетонированные резервуары для питьевой воды, бетонные плотины различного назначения;
- в промышленном строительстве - тоннели, шахты, насосные станции, коллекторы, бомбоубежища, любые типы бетон-

ных заглубленных помещений, опоры мостов, транспортные развязки;

- в гражданском строительстве – гидроизоляция подвальных помещений, фундаментов, перекрытий санузлов и т. п.

Материал обладает следующими достоинствами:

- сохранение у обработанной поверхности наряду с водонепроницаемостью свойства воздухопроницаемости - материалы "дышат";

- наличие двойной защиты (защитный слой+проникновение);

- возможность проведения гидроизоляции изнутри, без проведения дорогостоящих работ по восстановлению наружной гидроизоляции;

- минимальная подготовка обрабатываемой поверхности - очистка до открытия капиллярных пор и увлажнение;

- возможность нанесения материала как ручным, так и механизированным способами;

- превращение в химически инертный материал после завершения процесса обработки;

- высокая стойкость к агрессивным средам (минеральные соли, щелочи, углекислый газ, нефтепродукты);

- проникновение в глубину на 100 мм и более по всему фронту нанесения (в зависимости от пористости бетона);

- способность к "самозалечиванию" трещин с раскрытием до 0,3 мм;

- выдерживание давления воды как на прижим, так и на отрыв до 1 МПа;

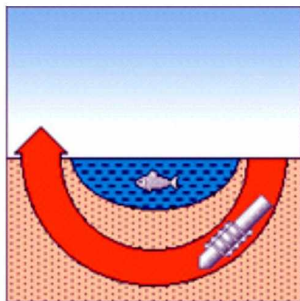
- идентичность температурного диапазона эксплуатации материала температурному диапазону эксплуатации бетона (от -40 °С до +90 °С);

- отсутствие в составе растворителей, нетоксичность, радиоактивная и огнебезопасность [23].

Бентонит в бестраншейном строительстве (горизонтально направленное бурение – ГНБ)

Бентонитовые порошки для бестраншейного строительства позволяют при прокладке коммуникаций методом ГНБ пре-

одолеть проблемы, порождаемые характеристиками грунта (крупнозернистый песок, липкая глина и др.), а также особенностями самого способа проходки. Основу глинопорошка для ГНБ составляет высококачественный бентонит, переработанный по специальной технологии с добавлением особых реагентов.



Бентонитовые глинопорошки для ГНБ обеспечивают:

- укрепление стенок канала в сыпучих обваливающихся грунтах;
- снижение просачивания воды через стенки канала путем формирования тонкого водонепроницаемого слоя;

- скольжение прокладываемого трубопровода по стенкам канала;

- охлаждение буровой головки и зонда в случае бурения в слежавшихся грунтах.

Бентонитовые глинопорошки для ГНБ обеспечивают:

- укрепление стенок канала в сыпучих обваливающихся грунтах;
- снижение просачивания воды через стенки канала путем формирования тонкого водонепроницаемого слоя;
- скольжение прокладываемого трубопровода по стенкам канала;
- охлаждение буровой головки и зонда в случае бурения в слежавшихся грунтах.

Бентонит для строительства сооружений способом "стена в грунте"

При строительстве сооружений, находящихся ниже уровня грунтовых вод, применяется метод "стена в грунте". Для этого в грунте делается выработка прямоугольной формы требуемого размера, которая заполняется глинистым раствором, приготовленным на основе специального бентонитового порошка, и укрепляется арматурным каркасом. Затем производится бетонирование выработки с одновременным вытеснением бентонито-

вого раствора, который в дальнейшем используется для регенерации и повторного применения. Такая конструкция может служить несущим фундаментом, стеной для подземного сооружения, а также противофильтрационной завесой, исключающей доступ грунтовых вод в заглубленное эксплуатируемое сооружение.

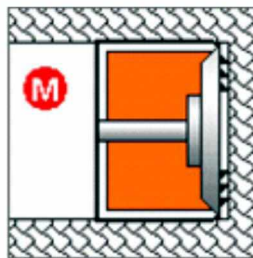
Если "стена в грунте" не армируется, то она в этом случае представляет собой противофильтрационную диафрагму, которая может применяться в качестве:

- защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения;
- защиты карьеров и шахт от подземных вод;
- места складирования (захоронения) экологически опасных отходов.

Бентонит для щитовой проходки тоннелей

При строительстве тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях (плавунные неустойчивые грунты, значительное давление грунтовых вод и др.) используются проходческие комплексы с гидропригрузом. В таких комплексах в призабойную область под давлением нагнетается бентонитовый раствор, что позволяет поддерживать забой в стабильном состоянии. Разработанная порода, измельченная до состояния пульпы, отводится вместе с бентонитом по трубопроводу. В сепарационной установке происходит отделение породы и рекультивация бентонитового раствора, который в дальнейшем возвращается в камеру гидропригруза. Рецепт бентонитового раствора по результатам лабораторного анализа может корректироваться в зависимости от условий проходки и характеристик грунтов. Глинопорошки для приготовления бентонитовых растворов, используемых в щитовой проходке, должны отвечать самым высоким требованиям качества, так как это связано в первую очередь с надежностью функционирования весьма дорогостоящего проходческого комплекса.

Кроме перечисленных областей строительства бентонито-



вые глины (кальциевые бентониты) используются в холодноводных строительных красках в качестве адсорбирующих красящих пигментов, образующих устойчивые суспензии. Бентониты применяются в виде добавок или самостоятельно в качестве клеевых средств. Как материал, обладающий высокой связующей способностью, бентонитовые глины служат для укрепления дорог и взлетных площадок при строительстве аэродромов. При изготовлении декоративных обойных материалов и в производстве асбестового картона (вместо крахмала) добавки бентонитовых глин увеличивают огнестойкость изделий. Кроме того, они служат для получения керамзита и аглопорита (способность некоторых видов бентонитов к вспучиванию при быстром нагревании).

Рассмотрена возможность получения керамзита из бентонитовой глины Погодаевского и лессовидного суглинка Чаганского месторождения Западного Казахстана [24]. Установлено, что по огнеупорным свойствам бентонитовая глина Погодаевского месторождения относится к легкоплавким; по содержанию Fe_2O_3 – к глинам с высоким содержанием красящих оксидов; по содержанию Al_2O_3 – к группе кислого сырья. Предложенный технологический прием грануляции керамических масс позволяет улучшить формовочные и физико-механические свойства готового продукта. По результатам эксперимента сделан вывод о целесообразности использования данного глинистого сырья для промышленного выпуска керамзитового щебня.

В последние годы весьма актуальными являются вопросы создания хранилищ и могильников с высокой экологической надежностью. Разрабатываются методы захоронения отработанного ядерного топлива или радиоактивных отходов в приповерхностные или глубинные геологические формации с целью предотвращения неконтролируемого распространения радионуклидов в окружающую среду. Эта концепция основывается на многобарьерной системе, которая включает как инженерные, так и природные геохимические барьеры. Бентонит во многих странах рассматривается как основной материал для создания защитных барьеров приповерхностных хранилищ низких и средне-

радиоактивных отходов [25, 26]. Учитывая значительные объемы накопленных радиоактивных отходов, жесткие требования и международные стандарты в вопросах экологии, применение бентонита в целях изоляции является перспективным и экономически оправданным направлением.

Медицина. Высокая дисперсность, гидрофильность, ярко выраженные коллоидные, эмульгирующие и многие другие ценные свойства щелочных бентонитов обуславливают возможность их широкого использования в медицине и фармацевтической технологии [27]. В настоящее время бентониты широко применяются в фармации при изготовлении пилюль, гранулированных лекарств, таблеток, эмульсий, мазей, линиментов, а также для стабилизации суспензий. Кальциевые и природные формы бентонитов придают пилюльной массе лучшую пластичность, эластичность и распадаемость. Бентонит также может быть использован в оральных фармацевтических препаратах, косметике и пищевых продуктах. Наряду с биологически активными свойствами, немаловажной является роль бентонита как вспомогательного вещества в производстве таблетированных лекарственных форм. Они вводятся в таблетки с целью разбавления, разрыхления, склеивания, окрашивания, а также для придания таблеткам скользящих свойств и пролонгированного действия.

Сообщается о применении бентонита при изготовлении мазей со стрептоцидом и альбуцидом для лечения длительно незаживающих ран [28]. Разработаны прополисная мазь с бентонитом для лечения кожных заболеваний, а также защитные пасты с гидрофобным фенольным препаратом прополиса на бентонитовой основе. Клинические испытания мазей с салициловой и борной кислотами, стрептоцидом и некоторыми бактерицидными веществами на бентонитовой основе показали лучшие результаты, чем аналогичные мази на основе свиного жира или вазелина с ланолином.

Наличие больших запасов бентонитовых глин в Республике Казахстан и их экономическая доступность диктуют целесообразность поиска путей переработки и применения их в фармацевтической промышленности в качестве компонентов различ-

ных лекарственных препаратов [29]. Изучены реологические свойства диспергированного бентонита и возможность использования его для приготовления различных мазей. Подготовлены 5 моделей мазевых основ с бентонитовыми глинами. Результаты работы показали, что исследованные модели основ мазей обладают достаточными тиксотропными свойствами. Значения эффективной вязкости основ укладываются в границы реологического оптимума консистенции, характеризующие удобство и легкость нанесения на кожу, способность к выдавливанию из туб, а также высвобождению действующих веществ из основ.

Работами казахстанских ученых доказано, что многокомпонентные мази на бентонитовой основе, содержащие левомицетин и метилурацил, а также метронидазол со стрептоцидом, проявляют высокую антимикробную активность [30, 31]. Высокой ранозаживляющей способностью обладают мази на основе мумиё и бентонитовых глин [32].

С целью получения материалов, пригодных в качестве носителей лекарственных веществ, изучено взаимодействие природного белкового полимера – желатина с бентонитовой глиной Монракского месторождения [33]. Указанный розовый бентонит обладает ценными свойствами, а именно: нетоксичностью, доступностью, индифферентностью к другому сырью, повышенным содержанием монтмориллонита (не менее 70 %), высокими параметрами набухаемости и сорбции. Желатин с бентонитом образует взаимосовместимую, однородную и устойчивую композицию, что имеет большое значение при ее дальнейшем использовании в качестве носителя лекарственных веществ.

Для фармацевтической промышленности до недавнего времени особый интерес представляли 2 типа глины: аттапульгиты и смектиты, которые являются различными минералами, отличающимися по строению и свойствам. Микроскопически аттапульгит состоит из игольчатых удлиненных элементов с характерной огранкой, собранных в пучки. Морфология смектита представлена плоской листовидной структурой, собранной в единую систему, с размерами слоистых образований порядка 2 нм. На основе данных природных минералов изготавливаются лекарственные средства, использующиеся в качестве противодиарей-

ных и адсорбирующих препаратов.

Компанией "Beaufour Ipsen Int.", Франция, уже более 40 лет выпускается лекарственный препарат природного происхождения – смекта, оказывающий адсорбирующее действие. Другое незапатентованное название данного препарата – диоктаэдрический смектит, добываемый из определенных сортов медицинской глины. Показанием к применению данного препарата служат: диарея (аллергического, лекарственного генеза; нарушение режима питания и качественного состава пищи), гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, колит; диарея инфекционного генеза – в составе комплексной терапии.

Фармацевтической компанией "Pharmacia & Upjohn", США, выпускается препарат каопектат аттапульгит, оральная суспензия с действующим веществом – аттапульгит. Используется при острых диареях различного генеза, раздражении слизистой оболочки кишечника (в составе комбинированной терапии). В Египте компанией "Eipico" производится препарат под торговым названием карект, суспензия для приема внутрь, используемая в качестве антидиарейного и адсорбирующего средства. В ее составе каолин (основное действующее вещество) и пектин. В Словении фирмой «Novartis Enterprises Private Ltd» выпускается препарат неоинтестопан – аттапульгит, адсорбент, рекомендованный при острой диарее различного генеза. В Республике Казахстан компанией "Жибек Жолы" был зарегистрирован препарат на основе диоктаэдрического смектита смектит-К, относящийся к кишечным адсорбентам. На территории РФ зарегистрирован препарат неосмектин – диоктаэдрический смектит, алюминиово-кремневый силикат, имеющий сложную кристаллическую структуру (производитель – компания "Фармпроект", Санкт-Петербург). Bentonит в медицине – это:

Энтеросорбент. Благодаря элементам щелочного характера, он способствует нормализации кислотно-щелочного равновесия в организме, а вследствие высокой сорбционной способности является прекрасным детоксирующим средством и в отличие от многих сорбентов не нарушает водно-электролит-

ный баланс.

Мукопротектор. За счет взаимодействия с гликопротеинами слизи кишечного тракта.

Цитопротектор. Bentonит увеличивает сопротивляемость слизистой оболочки кишечника к действию раздражителей.

Природный полиминеральный препарат, в составе которого содержится до 70 минеральных элементов: железо, калий, кремний, магний, цинк, марганец, медь, йод, кальций, ванадий, селен и многие др. незаменимые микроэлементы.

При приеме пищевой глины происходит полное очищение не только от токсинов, но и от паразитов. Bentonит активизирует клеточный метаболизм, он абсолютно безвреден и не имеет противопоказаний. Его можно употреблять длительное время как взрослым, так и детям. Он рекомендован как натуральная и необходимая добавка к питанию для комплексной терапии и профилактики многих заболеваний (ЖКТ, онкологических, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета и многих др.). Bentonит обладает противовоспалительным, болеутоляющим, сосудорасширяющим, антиоксидантным, радиопротекторным и адсорбирующим свойствами. Использование бентонита способствует полному очищению организма от шлаков и токсинов, обогащению организма необходимыми минералами, улучшению работы всех внутренних органов и повышению иммунитета.

Выводы. На пути к устойчивому социально-экономическому и экологически безопасному развитию нет более важных задач, чем охрана природных богатств, сохранение биоразнообразия и рациональное использование природно-ресурсного потенциала. Это обусловлено тем, что за несколько последних десятилетий практически на всех континентах планеты острее стали проблемы существенного снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха, повышения качества питьевого водоснабжения, а также управления промышленными и бытовыми отходами [34]. В настоящее время для решения экологических задач широко привлекаются новые источники минераль-

ного сырья, в том числе бентониты. Эти минералы вызывают интерес как нетрадиционное сырье, способное улучшить культуру землепользования, повысить продуктивность сельхозпроизводства, качество питьевых вод, охрану природной среды [35]. Исследователи целенаправленно доказывают инновационные возможности, выявляют скрытые технологические резервы и прогнозируют масштабные социально-экономические перспективы применения бентонитов. Сродство и адаптивность к живым организмам и природным системам характеризуют их высокую экологичность и абсолютную безопасность. Следует отметить и экономическую рентабельность использования бентонитов за счет высокой эффективности получаемых результатов, широкой распространенности и низкой себестоимости этих природных минералов.

Список литературы

- 1 Бентонитовые глины Узбекистана. – Ташкент, 1963. – 196 с.
- 2 Горная энциклопедия//<http://www.mining-enc.ru/b/bentonit/>
- 3 Сапаргалиев Е.М. Современные представления о бентонитах Казахстана // Известия НАН РК. Сер. геолог. – 2003. – № 3. – С. 64-80.
- 4 Полезные ископаемые Казахстана. – Кокшетау, 2002, С. 62-64.
- 5 Сапаргалиев Е.М. Таганское месторождение бентонитов в Зайсанской впадине // Геология и охрана недр. – 2008. – № 4. – С. 42-49.
- 6 Солохина Н.Н., Бабусенко Р.М., Тумабаев Н.Ж., Жубанов К.А. Физико-химические свойства бентонитовых глин Восточного Казахстана // Известия МОН РК, НАН РК. Сер. химическая. – 1999. – № 5. – С. 27-31.
- 7 Сахаров Б.А. Количественное определение фазового состава и структурных параметров глинистых минералов // I Рос. раб. совещ.: Глины, 2011. – С. 16-17. <http://tenir.kz/sale/showcase/21-bentonit.html>

8 Куртукова Л.В., Сомин В.А., Комарова Л.Ф. Исследования по удалению из воды солей жесткости с применением сорбентов на основе минеральных волокон и бентонитовых глин // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 12. – С. 29-31.

9 Адрышев А.К., Струнникова Н.А., Карибаева М.К. Извлечение ионов металлов из загрязненных подземных вод цеолитами // Экология. – 2008. – № 2. – С. 102-108.

10 Балыкбаева Г.Т., Еримбетов К.А., Маликова Г.М., Мусабеков К.Б. Очистка сырдарьинской воды от патогенных бактерий бентонитовыми глинами // Вестник КазНУ. Сер. химическая. – 2012. – № 3. – С. 159-163.

11 Оразова С.С., Белов В.М., Евстигнеев В.В. Эффективность использования сорбентов Восточного Казахстана в очистке воды от ионов тяжелых металлов (Cu^{2+}) // Известия Томского политехн. ун-та.- 2007. – Т. 311. – № 2. – С. 150-152.

12 Bakatula E.N., Cukrowska E.M., Weiersbye I.M., Mihaly-Cozmuta L., Tutu H. Removal of toxic elements from aqueous solution using bentonite modified with L-histidine// Water Science and Technology. – 2014. – Т. 70. – Вып. 12. – С. 2022-2030.

13 Муздыбаева Ш.А., Теум Е.В. Коллоидно-химическая очистка шахтных вод полиметаллического месторождения от ионов тяжелых металлов (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+})// Вестник КазНУ. Сер. химическая. – 2012. – № 1. – С. 305-309.

14 Альжанова Б.С., Шакиров Б.С., Сатаева Л.М. Очистка нефтесодержащих сточных вод на бентонитсодержащих сорбентах Кынгракского месторождения/ www.rusnauka.com/27_NII_2010/Ecologia/72025.doc.htm

15 Куртукова Л.В. Умягчение подземных вод с использованием обратноосмотических мембран и новых сорбентов на основе бентонитовых глин // Водоочистка. – 2014. – № 10. – С. 41-49.

16 Адрышев А.К., Серба Н.Г., Нурбаева Н.А. Изучение возможности проникновения ионов SO_4^{2-} , Cl^- , F^- через природные сорбенты // Вестник ВКГТУ. – 2007. – № 2. – С. 121-125.

17 Rinklebe J., Shaheen S.M. Miscellaneous additives can enhance plant uptake and affect geochemical fractions of copper in a heavily polluted riparian grassland soil // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2015. – Т. 119. – С. 58-65.

18 *Shaheen S.M., Rinklebe J.* Impact of emerging and low cost alternative amendments on the (im)mobilization and phytoavailability of Cd and Pb in a contaminated floodplain soil // *Ecological Engineering*. – 2015. – Т. 74. – С. 319-326.

19 *Shirvani M., Farajollahi E., Bakhtiari S., Ogunseitan O.A.* Mobility and efficacy of 2,4-D herbicide from slow-release delivery systems based on organo-zeolite and organo-bentonite complexes // *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food contaminants and Agricultural Wastes*. – 2014. – Т. 49. – Вып. 4. – С. 255-262 .

20 *Кармацких Ю.А.* Использование бентонита Зырянского месторождения в животноводстве и птицеводстве. – Курган, 2009. – 404 с.

21 *Семененко М.П.* Фармакология и применение бентонитов в ветеринарии. – Краснодар, 2004. – 339 с.

22 *Загитов Х.В., Аришин А.А.* Влияние бентонитовой глины на рост и развитие поросят // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 3. – С. 48-51.

23 sbit@mkmgr.ru

24 *Жарылгапов С.М., Таскалиев А.Т., Монтаев С.А.* Разработка технологии керамзита на основе глинистого сырья Западного Казахстана // *Наука и образование*. – 2011. – № 4. – С. 69-71.

25 *Обливанцев Д.Ю., Щербакова Е.П.* Вопросы использования бентонита в качестве защитного барьера хранилищ радиоактивных отходов // *Горный информ.-аналит. бюл.* – 2007. – № 11.

26 *Kim C.K., Kong J.Y., Chun B.S., Park J.W.* Radioactive removal by adsorption on Yesan clay and zeolite // *Environmental earth Sciences*. – 2013. – Т. 68. – Вып. 8. – С. 2393-2398 .

27 Martindale. *The Extra Pharmacopoeia*, thirty-first edition. London. Royal Pharmacal society, 1996. – P. 1536 2-1831 2.

28 *Тихонов А.И., Доденидзе И.А., Авденен А.Д., Холупян И.Ю.* Разработка состава и исследование защитных паст с гидрофобным фенольным препаратом прополиса на бентонитовой основе // *Фармацевтический журнал*. – 1991. – № 2. – С. 68-72.

29 Сакипова З.Б. Исследование реологических свойств мазевых основ с бентонитовыми глинами // Вестник МЦ УД Президента РК. – 2009. – № 1. – С. 165-170.

30 Дильбарханов Р.Д., Сакипов З.Б. Изучение антимикробной активности многокомпонентной мази с левомицетином на основе бентонитовой глины // Фармацевт. бюл. – 1999. – № 4. – С. 20.

31 Сихимбаева Л.М. Разработка состава и технологии 5 %-ной стрептоцидовой мази в композиции с метронидазолом // Фармацевт. бюл. – 1999. – № 12 – С. 16.

32 Фольмер В.В. Разработка состава и технологии мазей мумиё на основе бентонитовых глин. – Караганда: Казахстанский фармацевт. ин-т. 2007.

33 Жумагалиева Ш.Н. Исследование свойств композиционных гелей на основе бентонитовой глины и желатина // Известия НАН РК. Сер. химическая. – 2008. – № 5. – С. 45-48.

34 Разяпов А.З. Современные методы и средства контроля загрязнений природной среды // Проблемы охраны окружающей среды и природных ресурсов. – 2011. – № 7. – С. 3-103.

35 Васильянова Л.С. Природные минералы на службе экологии. – Алматы: НЦ НТИ. 2015. – 90 с.

Васильянова Людмила Степановна, ведущий научный сотрудник,
кандидат химических наук;
e-mail: vasilyanova2011@mail.ru