

154 «Оплата услуг по исследованиям». Договор № 213/36-21-23 от 15 апреля 2021 г. с ГУ «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан».

Название гранта «Оценка перспективной фонтанной (на самоизливе) эксплуатации подземных вод для устойчивого развития территорий Жамбылской области».

Срок реализации гранта 2021-2023 гг. Ответственный исполнитель – Тажиев С.Р.

#### Литература

1. Водные ресурсы Казахстана. Справочник. – Алматы: Ғылым, 2002. – 595 с.
2. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Смоляр В.А. и др. Справочник. Месторождения подземных вод Казахстана. Том I. Западный и Южный Казахстан. – Алматы, 2019. – 426 с.
3. Гидрогеология СССР. Том 36. Южный Казахстан. М., Недра, 1970. – 472 с.
4. Абсаметов М. К. и др. Подземные воды Казахстана-стратегический ресурс водной безопасности страны. – 2017.
5. Берикболов С. Б. Отчет. Обследование 500 самоизливающих гидрогеологических скважин на территории Жамбылской области, в 5 книгах и 1 папке. – Шымкент, 2010
6. Смоляр В.А. Отчет. Обследование бесхозных самоизливающих гидрогеологических скважин Южного Казахстана, книги 1, 3, 8 и 2 папка 2. – Алматы, 2003.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тукмачёв Д.В., Чихирева В.В.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Концепция геологического захоронения радиоактивных отходов опирается на использование как естественных барьеров, образованных горными породами, так и искусственных барьерных систем, изолирующих отходы от биосферы. При этом, важное значение имеет буферный материал, располагающийся между вмещающей горной породой и контейнером с радиоактивными отходами, поскольку именно он обеспечивает механическую изоляцию контейнеров для отходов, дополнительную удерживающую способность и термическую стабильность. В настоящее время буферный материал хранилищ всё чаще представлен бентонитовыми глинами, поскольку данные материалы характеризуются низкой проницаемостью и способностью удерживать радионуклиды путем физико-химической адсорбции [2].

Каждая структурная единица глинистого минерала состоит из тетраэдрических и октаэдрических пластин в соотношении 2:1, а в межслоевых промежутках находятся обменные катионы и молекулы воды. Тетраэдрические листы состоят из последовательности тетраэдров, соединенных общими атомами кислорода, тогда как октаэдрические листы содержат октаэдры, состоящие из четырех атомов кислорода и двух гидроксильных ионов. В зависимости от того, как сопоставляются тетраэдрические и октаэдрические листы, глины классифицируются на слоистые структуры. При поглощении воды глинистым минералом происходит расширение решетки, или внутрикристаллическое набухание [1, 4].

При оценке долгосрочных характеристик бентонита важное значение имеет минералогическая стабильность глин в различных условиях окружающей среды. Знание структурных характеристик буферного материала может иметь решающее значение для оценки их пригодности, поскольку трансформация минералогической структуры глин под воздействием облучения может значительно увеличить проницаемость горной породы, а вдоль плоскостей структурных неоднородностей может происходить значительная миграция флюидов. Именно поэтому для обеспечения безопасности и долгосрочной работы геологического хранилища радиоактивных отходов необходимо изучение минералогических свойств и реакции глин на динамические условия среды [3].

Целью данной работы является исследование минерального состава бентонитовых глин в естественном состоянии и после воздействия облучения.

Образцы бентонитовой глины были отобраны на месторождении 10-й хутор Республики Хакасия. Для электронно-микроскопического анализа выделено шесть образцов глин массой 10 мг. Исследование выполнено в Международном инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология» при отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Изучение микроминеральных форм и морфологии частиц глины проведено на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Bruker X@Flash 5010 для проведения рентгеноспектрального анализа. Препараты готовились следующим образом: на покровную бумагу наносилось небольшое количество образца, после встряхивания бумага плотно прижималась к клейкой углеродной ленте и удалялась. Препарат обдувался сжатым воздухом, после чего отправлялся на изучение.

Изучено шесть образцов: три исходной глины и три облученной. Облучение образцов производилось на реакторе с целью имитации воздействия на глины радиоактивного излучения в пункте захоронения РАО. Препараты исследованы в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении 20 кВ, для получения изображений использован детектор обратно-рассеянных электронов. В каждом препарате выделены по три участка для оценки морфологии и размеров частиц. Снимки выполнены при увеличениях x500, x1000 и x1500.

В исходной пробе 1 обнаружены следующие минералы: биотит, хлорит, калиевый полевой шпат, анортклаз, кислые плагиоклазы (альбит), монтмориллонит, окислы, гидроокислы и алюмосиликаты железа, сфалерит, барит, целестин, гипс, кальцит. Выявлены спорные минералы: металлическое железо, нержавеющей сталь. В облученной

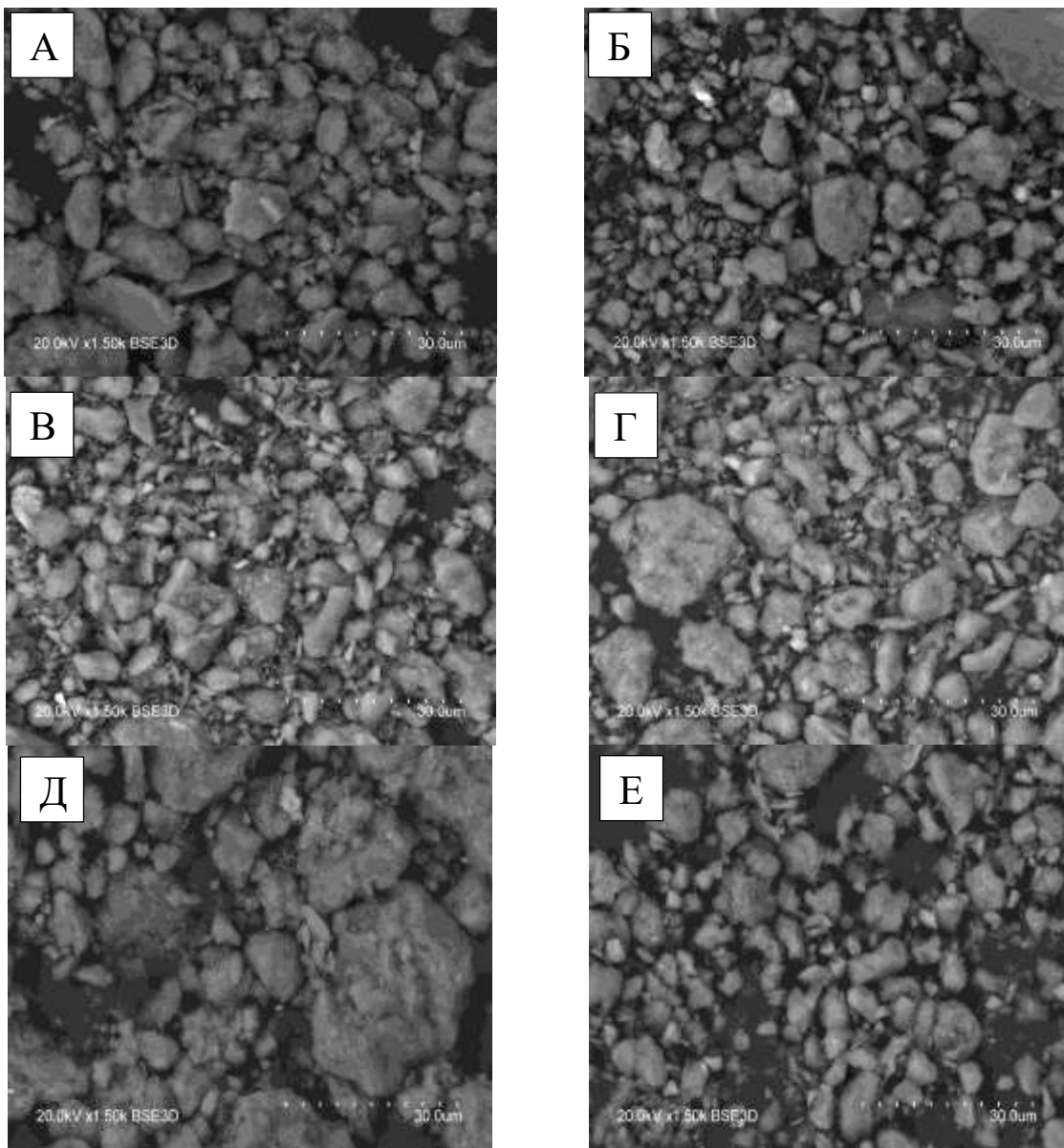
пробе 1 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: кварц, каолинит, иллит, апатит, пирит и частицы угля.

В пробе 2 найдены оксиды, гидроксиды и сульфаты железа; кварц, калиевый полевой шпат, альбит, каолинит, монтмориллонит, мусковит-иллит, доломит, пирит, барит и рутил. В облученной пробе 2 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: фосфат редкоземельных элементов, апатит, псевдорутил, хлорит, кальцит и анортотлаз.

В пробе 3 выявлены: циркон (Y, Th, Sc), каолинит, монтмориллонит, биотит, плагиоклаз (альбит, олигоклаз, лабрадор), анортотлаз, апатит, кварц, фосфаты редкоземельных элементов, пирит, рутил. Спорные минералы: нержавеющая сталь. В облученной пробе 3 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: анатаз, псевдорутил, оксиды (гидроксиды) железа, мусковит-иллит, барит, алумосиликат магния, силлиманит, доломит.

Обнаруженные в образцах после облучения новые минералы могут свидетельствовать о неоднородности проб. Сравнительный анализ морфологии и размеров частиц в образцах глины до и после облучения не показал существенных различий (Рис.).

Таким образом, минералогическая структура бентонитовых глин после воздействия радиоактивного излучения не претерпевает значительных изменений, которые могли бы снизить барьерные характеристики глины как буферного материала при изоляции радиоактивных отходов в пунктах захоронения. Однако для более детальной оценки безопасности применения бентонитовых глин в качестве инженерных барьеров необходимы дальнейшие исследования.



**Рис. Снимки в обратно-рассеянных электронах. Морфология микроминералов в образцах глины: образец 1 до (А) и после (Б) облучения; образец 2 до (В) и после (Г) облучения; образец 3 до (Д) и после (Е) облучения**

Работа поддержана Государственным Задаaniem РФ "Наука". Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Alzamel M., Fall M., Haruna S. Swelling ability and behaviour of bentonite-based materials for deep repository engineered barrier systems: Influence of physical, chemical and thermal factors // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 689-702.
2. Chang C. et al. Hydro-mechanical behavior of heated bentonite buffer for geologic disposal of high-level radioactive waste: A bench-scale X-ray computed tomography investigation // Applied Clay Science. – 2023. – Т. 232. – С. 106792.
3. Ohazuruike L., Lee K. J. A comprehensive review on clay swelling and illitization of smectite in natural subsurface formations and engineered barrier systems // Nuclear Engineering and Technology. – 2023.
4. Yoon S. et al. Contemplation of relative hydraulic conductivity for compacted bentonite in a high-level radioactive waste repository // Annals of Nuclear Energy. – 2021. – Т. 161. – С. 108439.

**ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ  
В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Ченсизбаев Д.Б.**

Научный руководитель Аденова Д.К.

*Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан*

В общем смысле под промышленными водами принято понимать подземные воды, содержащие в повышенных количествах микрокомпоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих по технико-экономическим показателям их рентабельную добычу и переработку. Такие воды имеются и на территории Республики Казахстан. При освоении такого гидроминерального сырья имеется реальная возможность создания инновационных химических производств для получения поваренной соли, йода (I), брома (Br), стронция (Sr), лития (Li), калия (K) и иных элементов, и соединений. Часть этих продуктов может быть использована непосредственно при добыче нефти, что значительно снизит ее себестоимость [3, 1].

Установлено, что запасы гидроминерального сырья сопоставимы по отдельным элементам с известными месторождениями твердых полезных ископаемых. Так, в природных водах содержится до 80 % брома, 78 % лития, 40 % рения, 35 % цезия, 24 % стронция от их общих запасов в земной коре. Оценивая микрокомпонентный состав различных типов подземных вод, следует отметить, что особого внимания из присутствующих металлов заслуживают, в основном, литий и стронций [11, 5, 6]

Несмотря на очевидную перспективность использования уникального вида природных ресурсов – попутных пластовых вод, как источника получения щелочных и щелочно-земельных металлов, вопросы его комплексного освоения пока не нашли должного развития. В первую очередь это связано с отсутствием эффективных технологий их переработки на территории Республики Казахстан [10, 8]

Насыщенность рассолов микрокомпонентами находится в тесной зависимости, как от генетической сущности самих рассолов, так и от литолого-структурных и геотермических особенностей вмещающих пород. Существуют химические элементы, которые возможно извлекать только из подземных вод [2].

Промышленные воды на территории Казахстана, в основном, непосредственно связаны с зонами нефтегазоаккумуляции и приурочены, как правило, к глубоким частям крупных артезианских бассейнов, которые в структурно-тектоническом отношении соответствуют впадинам, выделяемым в рельефе складчатого основания древних докембрийских и эпигерцинских платформ, крупным предгорным и межгорным впадинам.

Районирование подземных промышленных вод является гидрогеологической основой для изучения региональных закономерностей их распространения. Научно обоснованное выделение обособленных районов необходимо также для выбора правильного методического подхода к региональной оценке прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов таких вод в связи с выявлением перспектив их практического использования.

На территории Казахстана выделены 4 провинции промышленных вод: Прикаспийская, Мангышлак-Устюртская, Шу-Сарысувская и Тенизская [9].

Территория Южного Казахстана, в пределах которой расположена Шу-Сарысувская впадина простирается в северо-западном направлении почти на 900 км, при ширине в поперечнике порядка 300 км. На севере и западе впадина ограничена Сарысу-Тенизским поднятием и горно-складчатыми сооружениями Улытау; на северо-востоке Шу-Илийскими горами; на юге и юго-западе хребтами Малый и Большой Каратау; на востоке и юго-востоке хр. Кендыктас и Киргизским Алатау [4]. Шу-Сарысувская провинция редкометалльных вод пространственно совпадает с одноименной тектонической впадиной и артезианским бассейном Южного Казахстана. В ней выделяются три области редкометалльных промышленных вод: Кокпансорская, Мойынкумская и Тасбулакская, занимающие одноименные тектонические впадины и прогибы. (рис. 1).

- Кокпансорская область промышленных вод представлена в основном рассолами, приуроченными к отложениям верхнего девона-нижнего карбона, залегающим на глубинах 570–3500 м. По данным химико-аналитических исследований, при испытании скважин на структурах Центральной, Придорожной, Орталык были получены притоки рассолов с минерализацией 55-305 г/л. Дебиты скважин составляют 0,03–0,4 л/с.

- Мойнкумская область промышленных вод приурочена к отложениям верхнего девона и нижнего карбона, залегающим на глубинах 870–2500 м. По данным химико-аналитических исследований, при испытании скважин на площадях Амангельды, Айрақты, Саякпай были получены притоки рассолов с минерализацией 130–230 г/л, дебиты скважин составил 0,02–0,3 л/с.