

Литература

1. Methane and climate change: scientific problems and technological aspects [Text]. – М.: Российская академия наук, 2022 / Под ред. академика РАН В.Г. Бондура, академика РАН И.И. Мохова, члена-корреспондента РАН А.А. Маковского.
2. Impact of methane occurrence on iron speciation in the sediments of the Gdansk Basin (Southern Baltic Sea) [Text] / O. Broclawik, K. Łukawska-Matuszewska, A. Brodecka-Goluch, J. Bolalek // Science of The Total Environment. – 2020. – V. 721.
3. Near bottom water warming in the Laptev Sea in response to atmospheric and sea-ice conditions in 2007 [Text] / J. A. Holemann, S. Kirillov, T. Klagge, A. Novikhin, H. Kassens, L. Timokhov // Polar Res. – 2011. – V. 30. – 6425.
4. Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M.M.C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E.A.G. Schuur, Chapter 3. 2019: Polar Regions. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate eds. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer In press. – P. 203–320.
5. The behavior of trace elements in seawater, sedimentary pore water, and their incorporation into carbonate minerals: a review. Facies [Text] / D. Smrzka, J. Zwicker, W. Bach, D. Feng, T. Himmler, D. Chen, J. Peckmann. – 2019. – V. 65. – 41.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10-Й ХУТОР

Тукмачев Д.В.

Научный руководитель профессор Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективной технологией по финальной изоляции радиоактивных отходов (РАО), с точки зрения экологической безопасности и надёжности, в течение длительного времени, является захоронение в глубоководном многобарьерном комплексе [1]. Изоляция РАО проводится в пунктах приповерхностного захоронения расположенных на глубине не более 100 метров для 3 и 4 класса, а также в пунктах глубинного захоронения, размещающихся на расстоянии более 100 метров от поверхности земли, для 1 и 2 класса [3]. Принцип многобарьерности обеспечивает долговременную изоляцию РАО и основывается на использовании нескольких независимых барьеров безопасности, в состав которых входят: вмещающая горная порода, буферный материал, контейнер и упаковка РАО. Главная задача барьеров – не допустить выход продуктов распада радионуклидов и физических воздействий РАО в прогнозируемый период службы пункта захоронения. Для выполнения поставленной задачи компоненты системы инженерных барьеров, представленных буферным материалом и контейнером, должны соответствовать определённым критериям качества, которые бы позволяли им выполнять свои функции безопасности:

1. Локализация РАО на период их потенциальной опасности от биосферы.
2. Сохранение барьерных свойств при воздействии внешних природных и техногенных факторов, а также под влиянием процессов, протекающих внутри пункта захоронения.
3. Ограждение РАО от непреднамеренного вторжения людей и животных.
4. Обеспечение герметичности системы при воздействии вмещающей горной породы [2,4].

Буферный материал, в большинстве зарубежных концепций захоронения РАО, планируется производить из смеси на основе бентонитовой глины, так как она обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к многим радионуклидам, а также низкой водопроницаемостью. В течение последних десятилетий проводятся работы по обоснованию безопасности пункта глубинного захоронения РАО 1 и 2 класса, проектируемого на территории Нижнеканского массива в Красноярском крае. Согласно последним опубликованным работам, в качестве сырья, для создания буферного материала, исследуются бентонитовые и каолиновые глины, а также смеси на их основе. Барьерные свойства бентонитовых глин обусловлены, главным образом, наличием в их составе глинистого минерала монтмориллонита. Его содержание в глине составляет порядка 60-70% [4].

Цель данной работы – исследования физических свойств бентонитовой глины, отобранной на месторождении 10-й Хутор, которые могут повлиять на выполнение функций безопасности в пункте захоронения РАО. В рамках работы были определены следующие параметры: коэффициент фильтрации, относительная деформация набухания, влажность на пределе усадки, насыпная плотность и плотность частиц.

Объектами исследования являются три образца бентонитовой глины под номерами 134, 135, 136 отобранные на месторождении 10-й Хутор в Республике Хакасия.

Определение насыпной плотности проводилось методом режущего кольца, а измерение плотности частиц с помощью пикнометрического метода. Влажность глины и её влажность на границе текучести определены методами высушивания до постоянной массы и балансирным конусом Васильева. Все методики выполнялись согласно требованиям ГОСТа 5180-2015. Исследования коэффициента фильтрации проведены по методике «Определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов» на основании ГОСТа 25584-2016. Замеры проводились на компрессионно-фильтрационном приборе Знаменского-Хаустова при насыпной плотности грунта. Для исследования процессов набухания и усадки использовались методики из ГОСТа 12248.6-2020. Относительная деформация набухания образцов глин проводилась на приборе свободного набухания (ПНГ).

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица

Физические параметры образцов бентонитовых глин

Образец	Влажность, W %	Влажность на границе текучести, W _L %	Влажность на пределе усадки, W _y %	Насыпная плотность, ρ г/см ³	Плотность частиц, ρ _s г/см ³	Относительная деформация набухания, ε _{sw}	Коэффициент фильтрации, k м/с
134	5,7	82,4	6	0,69	2,52	0,21	2,18 E ⁻⁰⁷
135	4,4	58,4	8	0,62	2,52	0,13	4,6 E ⁻⁰⁷
136	5,6	81,8	10	0,76	2,51	0,18	1,01 E ⁻⁰⁷

В ходе полученных результатов наблюдается зависимость между значениями насыпной плотности и коэффициентом фильтрации. Чем выше значение плотности, тем меньше водопроницаемость грунта. Все образцы при насыпной плотности показали высокие значения коэффициента фильтрации для использования их в качестве буферного материала. Это говорит о том, что при использовании данных глин, для постройки хранилища, необходимо проводить производственную обработку методом прессования.

Также выявлена корреляция между содержанием минерала монтмориллонита в образцах и их относительной деформацией набухания. Как известно, монтмориллонит относится к минералам группы смектитов, обладающих способностью к внутрикристаллическому набуханию, за счёт проникновения молекул воды в межпакетное пространство. По данным исследований, опубликованных ранее, определено, что образец под номером 134 обладает наибольшим содержанием монтмориллонита, а 135 образец – наименьшим. Эта зависимость может объяснять неоднородность значений относительной деформации набухания в образцах [5].

По классификации грунтов, согласно ГОСТ 25100-2020 все три образца относятся к сильнонабухающим грунтам. Это подтверждает их способность, при воздействии воды, изолировать внутреннее пространство хранилища, посредством заполнения пустот в процессе набухания. Образец 134 обладает большей относительной деформацией набухания, что может привести к формированию высокого давления набухания и, как следствие, к деформирующему воздействию на внутреннюю конструкцию хранилища. В свою очередь, это может привести к нарушению герметичности сооружения.

После проведения второго этапа исследования усадки, в образцах 134 и 135 образовались усадочные трещины. Данная особенность глин может негативно сказаться на барьерных свойствах, так как по этим трещинам, при залповом заполнении хранилища, могут проникнуть подземные воды.

Таким образом, при предварительном исследовании физических характеристик трёх образцов бентонитовых глин с месторождения 10-й Хутор Республики Хакасия выявлено, что образец под номером 136 является наиболее эффективным для использования его в многобарьерных системах захоронения РАО в качестве буферного материала.

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

Литература

1. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО [Текст] / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, И. В. Капырин, Н. В. Медянцев, А. В. Шамина; под редакцией И. И. Линге и Ю. Д. Полякова. – Москва: Комтехпринт, 2015. – 208 с.
2. Ядерная И. Р. Б. Захоронение радиоактивных отходов. принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055-14 [Текст] // Ядерная и радиационная безопасность. Учредители: Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности. – №. 3. – С. 38–65.
3. Иванов, Е. А. Актуальные проблемы классификации удаляемых твердых радиоактивных отходов, образующихся при использовании атомной энергии [Текст] / Е. А. Иванов, Д. А. Шаров, А. В. Курындин // Ядерная и радиационная безопасность. – 2018. – №. 2. – С. 11–23.
4. Крупская, В. В. Обоснование выбора глинистых материалов для разработки инженерных барьеров безопасности при изоляции РАО в ПГЗРО на участке недр «Енисейский» [Текст] / В. В. Крупская, Е. А. Тюпина, С. В. Закусин, О. А. Ильина, Е. А. Савельева // Радиоактивные отходы. – 2023. – № 2 (23). – С. 98–112.
5. Чихирева, В. В. Содержание монтмориллонита и органического углерода в бентонитовых глинах месторождения 10-й Хутор [Текст] / В. В. Чихирева, Д. В. Тукмачёв. – 2023.

ИЗУЧЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Халеский В.В.

Научный руководитель профессор С.О. Гриневский

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Инфильтрационное питание является крайне важным параметром для изучения ресурсов подземных вод большинства месторождений. Различные условия формирования инфильтрационного питания могут сильно изменить объемы пополнения подземных вод, что будет сильно сказываться на соотношении статей баланса водоотбора при эксплуатации месторождения. Таким образом, изучение неоднородности инфильтрационного питания является крайне важной задачей, а применение геогидрологических моделей, как комплексного метода для расчетов данного параметра - наиболее эффективной [2]. Принципы расчетов и дальнейших построений карт инфильтрационного питания будут представлены на примере Пермилковского месторождения Архангельской