



РОССИЙСКАЯ ГРУППА ПО ГЛИНАМ
И ГЛИНИСТЫМ МИНЕРАЛАМ
Russian Clay Group

ГЛИНЫ И ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ - 2022

VII Российская Школа по глинистым минералам

Argilla Studium



V Российское Собрание по глинам и глинистым
минералам



ГЛИНЫ



посвященные 100-летию
со дня рождения Б.Б.Звягина

Материалы докладов

www.argillas.ru; www.ruclay.com

УДК 54
ББК 26.3
Г54

Глины и глинистые минералы - 2022. VII Российская Школа по глинистым минералам «Argilla Studium» и V Российское Собрание по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ», посвященные 100-летию со дня рождения Б.Б. Звягина. Москва, 18-22 апреля 2022 г. Материалы докладов. М.: ИГЕМ РАН, 2022. 310 с.

В сборнике представлены материалы VII Российского Собрания по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ-2022» и V Российской Школы по глинистым минералам «Argilla Studium-2022», ИГЕМ РАН, Москва.

Издание представляет собой сборник материалов лекций ведущих российских и зарубежных ученых по различным вопросам изучения глинистых минералов, которые состоялись во время Российской Школы по глинистым минералам «Argilla Studium-2022». Материалы лекций посвящены вопросам методологии изучения состава и строения глинистых минералов, возможностям и ограничениям современных методов. Материалы Российского собрания по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ» представляют собой сборник тезисов пленарных и секционных докладов по разным направлениям изучения глин и глинистых материалов.

Материалы Школы и Собрания ориентированы на геологов, химиков, технологов, специализирующихся на изучении глин и глинистых минералов, студентов ВУЗов соответствующих специальностей и, в первую очередь, на специалистов, работающих в области изучения состава и строения глин, глинистых минералов и новых материалов, создаваемых на их основе, геологии, минералогии, нефтегазовой геологии, почвоведении, материаловедении, изучающих различные свойства грунтов, а также использующих глинистые материалы в качестве изолирующих барьеров безопасности при захоронении высокотоксичных отходов, в том числе радиоактивных.

В связи со сложной эпидемиологической ситуацией с COVID-19 в Москве мероприятия были перенесены с 15-19 ноября 2021 года на 18-22 апреля 2022 года.

Редакция и дизайн издания: В.В. Крупская, О.В. Закусина, Т.А. Королева, П.Е. Белоусов, Е.А. Тюпина

ISBN 978-5-88918-068-5

© Коллектив авторов, 2022

© ИГЕМ РАН, 2022

© Российская группа по глинам и глинистым минералам, 2022

© Комиссия по глинистым минералам Российского минералогического общества, 2022

**Влияние добавки бентонита месторождения
10-й ХУТОР на механическую прочность белого
цемента как матрицы для локализации РАО**

П.П. Козлов¹, О.М. Клименко¹, Е.А. Тюпина¹

Кондиционированная форма радиоактивных отходов (РАО) является одним из барьеров на пути миграции радионуклидов в окружающую среду и различается в зависимости от типа РАО (Обручиков и др., 2014). РАО низкого и среднего уровня активности принято переводить в матрицу на основе серого портландцемента (ОПЦ) из-за простоты осуществления данного процесса, негорючести материала, высокой прочности и радиационной устойчивости полученного компаунда (Козлов и др., 2011).

Основными требованиями, предъявляемыми к цементированным РАО в ГОСТ (ГОСТ Р 51883-2002), являются высокая механическая прочность отверждённого продукта и надёжность локализации радионуклидов. Трёхкальциевый силикат ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ или C_3S) является основным минералом цементного клинкера, и отвечает за прочность компаунда на ранних сроках твердения. Рассмотренные в данной работе образцы белого цемента отличаются более высоким содержанием C_3S , и поэтому матрицы на их основе имеют прочность существенно выше, чем у ОПЦ (Hamad, 1995), делая его перспективным материалом для иммобилизации РАО.

Локализация наиболее подвижных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr при цементировании обеспечивается использованием сорбционных добавок как природного, так и синтетического происхождения (Козлов и др., 2011; Тюпина и др., 2010; Tyupina et. al., 2016). К природным добавкам относят глинистые материалы, такие как бентонит, каолинит и др., а также цеолиты, например, клиноптилолит (Тучкова и др., 2011; Belousov et. al, 2019). Основным минералом бентонитовых глин способным сорбировать как ^{137}Cs так и ^{90}Sr по механизму ионного обмена является монтмориллонит (Крупская и др., 2020). При этом происходит преимущественная иммобилизация гидратированных ионов цезия за счёт их меньшего радиуса чем у стронция по дополнительному механизму, за счёт образования прочных связей с кислородом тетраэдрических SiO_4 -сеток (Козлов и др., 2011; Крупская и

¹ *РХТУ, Москва, kozlovpavel96@gmail.com*

др., 2016). Для улучшения сорбционных свойств бентонита существуют методы их активации в результате воздействия повышенной температуры, растворов кислот и щелочей (Тучкова и др., 2010; Тучкова и др., 2012; Öztop et. al., 2006).

Целью настоящей работы является определение влияния добавки бентонитовой глины на механическую прочность матрицы на основе белого цемента торговых марок, представленных на рынке Российской Федерации, как перспективного материала для кондиционирования РАО.

В работе для приготовления тестовых образцов были использованы белые («Artel»TM, «Axton»TM, «Диана»TM) и серый («Диана»TM) цементы и бентонитовая глина месторождения 10-й Хутор (Республика Хакассия) в размере 3, 5 и 7% от массы цемента. Для затворения полученных вяжущих использовалось водоцементное соотношение (В/Ц) равное 0,5, определённое оптимальным по результатам предварительных испытаний. Образцы были отверждены в течение 28 суток и испытаны на прочность при сжатии по ГОСТ (ГОСТ 310.4-81). Поверхность излома разрушенных образцов была изучена на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) TESCAN VEGA III (Чехия).

По результатам испытаний прочность при сжатии (рис. 1) для образцов отверждённых белых цементов марок «Artel»TM и «Диана»TM с увеличением количества добавки бентонита монотонно снижается (с 43,56 и 34,43 МПа до 25,48 и 13,99 МПа соответственно). Прочность образцов серого цемента марки «Диана»TM и белого цемента марки «Axton»TM незначительно возрастают с увеличением количества добавки бентонита. Полученные значения предельной прочности соответствуют СЭМ-изображениям цементов на поверхности излома. Так, на поверхности образцов белых цементов «Artel»TM и «Диана»TM при добавке бентонита в 7% наблюдается значительное количество негидратированных частиц клинкера, которые не наблюдались на изломе образцов без бентонита. При аналогичном количестве бентонита образцы серого цемента марки «Диана»TM и белого марки «Axton»TM показывают снижение пористости и более однородную структуру, по сравнению с их образцами без добавки сорбента. Также, можно отметить, что при увеличении количества включенного бентонита происходит ухудшение реологических свойств цементных растворов, обусловленное набухаемостью бентонита, что требует индивидуального подбора В/Ц для каждого состава.

Таким образом установлено, что не смотря на снижение прочностных свойств белого цемента марок «Artel»™ и «Диана»™ с увеличением количества добавки бентонита, все образцы белого цемента показывают значения прочности существенно выше установленного ГОСТ (ГОСТ Р 51883-2002) нижнего предела в 4,9 МПа и в 2-3 раза превышают соответствующие значения для образцов серого цемента марки «Диана»™. Кроме того, не смотря на более высокую стоимость, применение белого цемента может быть экономически оправдано за счёт отсутствия необходимости дополнительной изоляции цементных блоков с течением времени из-за их разрушения.

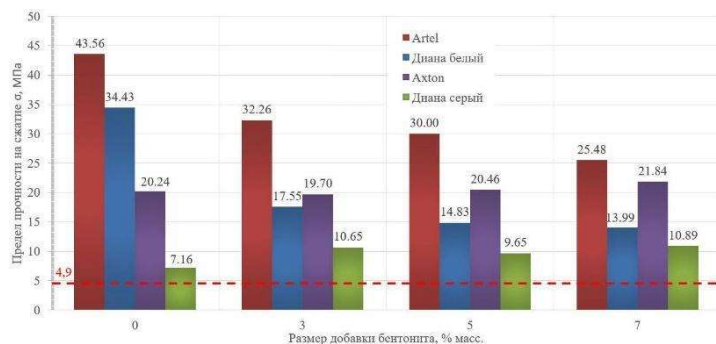


Рис. 1. Результаты испытаний образцов составов цемент-бентонит на прочность при сжатии

Обручиков А.В., Тюпина Е.А. Обращение с радиоактивными отходами. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2014. 188 с.

Козлов П.В., Горбунова О.А. Цементирование как метод иммобилизации радиоактивных отходов. РИЦ ВРБ ФГУП «ПО «МАЯК»». 2011. 143 с.

Hamad B.S. Investigations of chemical and physical properties of white cement concrete. Advanced Cement Based Materials. 1995. №2 (4). p. 161-167.

ГОСТ Р 51883-2002. Отходы радиоактивные цементированные. Общие технические требования.

Тюпина Е.А., Магомедбеков Э.П., Тучкова А.И. и др. Сорбционная очистка жидких органических радиоактивных отходов от ^{137}Cs . Перспективные материалы. 2010. №8. с. 329-333.

Tyupina E.A., Sazonov A.B., Sergeicheva Y.V. et. al. Application of thermally expanded graphite for the cementation of cesium- and tritium-containing waste oils. Inorganic Materials: Applied Research. 2016. № 2. p. 196-203.

Тучкова А.И., Тюпина Е.А. Использование исходных и активированных слоистых силикатов для извлечения Cs-137 из отработавшего масла. Успехи в химии и химической технологии. 2011. № 6 (122). с. 70-74.

Belousov P., Semenkova A., Egorova T. et. al. Cesium sorption and desorption on glauconite, bentonite, zeolite, and diatomite. Minerals. 2019. №9 (10). 625.

Крупская В.В., Закусин С.В., Лехов В.А. и др. Изоляционные свойства бентонитовых барьерных систем для захоронения радиоактивных отходов в нижнеканском массиве. Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). с. 35-55.

Крупская В.В., Закусин С.В., Тюпина Е.А. и др. Особенности сорбции цезия в бентонитовых барьерных системах при захоронении твердых радиоактивных отходов. Горный журнал. 2016. №2. с. 79-85.

Тучкова А.И., Тюпина Е.А. Влияние температуры активации бентонита на его сорбционную способность к извлечению Cs-137 из вакуумных масел. Успехи в химии и химической технологии. 2010. № 7 (112). с. 12-15.

Тучкова А.И., Тюпина Е.А., Рахимов М.Г. Влияние щелочной активации глинистых минералов на их сорбционную способность к извлечению Cs-137 из отработавшего масла. Успехи в химии и химической технологии. 2012. № 6 (135). с. 92-95.

Öztop B., Shahwan T. Modification of a montmorillonite-illite clay using alkaline hydrothermal treatment and its application for the removal of aqueous Cs⁺ ions. Journal of colloid and interface science. 2006. №295 (2). p. 303-309.

ГОСТ 310.4-81. Цемент. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.