



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «ВНИИХТ»
А.И. Голиней
«12» февраля 2024 г.

ОТЗЫВ

Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» – **ведущей организации по защите диссертационной работы Коробейникова Д.А. на тему «Физико-химическое обоснование технологии иммобилизации в цементобетонных матрицах высокотоксичных и радиоактивных отходов, содержащих бериллий и тритий»,** представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Диссертационная работа Коробейникова Дениса Анатольевича посвящена проблеме иммобилизации в цементобетонных матрицах высокотоксичных и радиоактивных отходов, содержащих бериллий и тритий.

Актуальность темы

Обращение с бериллийсодержащими отходами является актуальной проблемой в связи с повышающимися экологическими требованиями по обеспечению безопасности предприятий, работающих с бериллием, который является веществом 1 класса опасности. В Госкорпорации «Росатом» в последние годы ведутся работы по восстановлению недостающих технологических переделов стратегически важного для государства бериллиевого производства полного цикла, в процессе эксплуатации которого будут накапливаться высокотоксичные бериллийсодержащие отходы, требующие иммобилизации.

Бериллий и тритий являются также важными компонентами и перспективными материалами термоядерной энергетики. Работа с ними требует соблюдения особых мер как на стадии проведения эксперимента, так и при обращении с отходами и выводом термоядерных установок из

эксплуатации. Задача совместной иммобилизации трития и бериллия в сложных отходах ранее не рассматривалась и также является актуальной.

Научная новизна результатов диссертационной работы

1. Получены новые данные по эмиссии различных форм бериллия при его выщелачивании из цементобетонных смесей различного состава.

2. Определена адгезионная характеристика цементобетонных смесей по отношению к оксиду бериллия.

3. Установлена предельная удерживающая способность бетонных матриц по отношению к бериллию.

4. Проведено физико-химическое обоснование минеральных форм бериллия в цементобетонных матрицах, рентгенографическим методом показано, что наиболее вероятной минеральной фазой бериллия при иммобилизации ФБА в них является лейфит.

5. Определены диффузионные характеристики трития в новых цементобетонных составах, в том числе модифицированных пластифицирующими добавками.

6. Установлено полное соответствие процессов выщелачивания оксидов дейтерия и трития из цементобетонных матриц.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что в результате проведенных исследований были разработаны и рекомендованы новые составы для иммобилизации бериллий- и тритийсодержащих отходов в цементных компаундах с использованием модифицирующих добавок; проведено физико-химическое обоснование процессов иммобилизации бериллийсодержащих отходов для последующего безопасного захоронения; показана возможность по использованию иммобилизованных бериллиевых отходов в составе бетонных изделий для использования в бериллиевом производстве. Результаты работы внедрены на бериллиевом производственном участке АО «ВНИИНМ». Показано полное соответствие поведения в цементобетонных матрицах оксидов дейтерия и

третия, что позволяет использовать дейтерий в качестве имитатора трития в исследовательских работах по его иммобилизации.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных метрологически аттестованных методов в соответствии с действующими государственными стандартами; протоколами испытаний, утвержденными приемочной комиссией, и практическим использованием полученных результатов. Основное содержание диссертации опубликовано в научных изданиях, рекомендованных ВАК, результаты научно апробированы на российских и международных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа включает список сокращений, введение, четыре главы, заключение, список литературы (88 наименований), и 5 приложений. Общий объем работы составляет 147 страниц машинописного текста, в том числе 61 рисунок и 23 таблицы.

Во введении автор изложил актуальность диссертационной работы, степень разработанности темы исследования, сформулировал цели и задачи диссертационной работы, представил научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, положения, выносимые на защиту, а также внедрение результатов и личный вклад.

В первой главе описаны существующие способы иммобилизации бериллий и тритийсодержащих отходов. Из анализа литературных данных автором был сделан вывод, что цементирование данных отходов является наиболее отработанным и простым для осуществления методом иммобилизации, также показаны преимущества модифицированных цементобетонных составов добавками из класса поликарбоксилатов.

Во второй главе представлено оборудование, материалы и методики исследования, используемые для выполнения диссертационной работы.

В третьей главе представлены составы цементобетонных смесей и результаты экспериментов по иммобилизации бериллий- и тритийсодержащих отходов. Показано положительное влияние суперпластификаторов на

иммобилизацию бериллия в виде водорастворимого соединения – тетрафторобериллата аммония и в виде водонерастворимого соединения – оксида бериллия. При проведении экспериментов по иммобилизации тетрафторобериллата аммония была установлена предельная удерживающая способность цементобетонных матриц по отношению к бериллию, которая составила 2,12 г Ве/л. Определена адгезия цементобетонных составов по отношению к оксиду бериллия, показаны преимущества модифицированных смесей. На основании корреляционно-регрессионного анализа предложены минералы бериллия, которые могут формироваться в структуре цементобетонных матриц при иммобилизации бериллия, а при помощи рентгенографического количественного фазового анализа цементобетонных образцов содержащих тетрафторобериллат аммония, установлено, что наиболее вероятной формой нахождения бериллия в цементобетонных образцах, содержащих бериллий и фтор, является лейфит скрытокристаллического строения.

Сопоставлены процессы выщелачивания оксидов дейтерия и трития из цементобетонных матриц и показана возможность использовать дейтерий в экспериментах в качестве имитатора трития. На основании проведенных экспериментов определено, что скорость выхода трития из цементобетонных образцов мало зависит от состава цементобетона и определяется, в основном, количеством пор конечных изделий. Цементобетонные матрицы не позволяют надежно удерживать тритированную воду, качественных различий иммобилизации трития в случае использования различных вяжущих не выявлено. Это означает, что использование цементобетонных матриц для иммобилизации трития даже в случае избытка вяжущего компонента по отношению к затворяемой воде требует дополнительной гидроизоляции бетонных блоков. Двумя независимыми методами определены диффузионные характеристики цементобетонных образцов по отношению к тритию.

В четвёртой главе представлены предложения по обращению с бериллийсодержащими и тритийсодержащими отходами. Приведены

технологические операции процессов иммобилизации бериллий- и тритийсодержащих отходов. Также представлены технико-экономические оценки иммобилизации бериллий- и тритийсодержащих отходов

В заключении изложены полученные данные результатов диссертационной работы.

В качестве замечаний к работе следует указать следующее:

1. В выводах не приведены количественные характеристики разработанных и рекомендованных составов для иммобилизации бериллия и трития.

2. По тексту диссертации используются выражения «адгезионные характеристики» и «диффузионные характеристики». Вместе с тем, результатами исследований являются только усилие отрыва в первом случае и коэффициент диффузии трития во втором. Таким образом по отношению к этим характеристикам не вполне корректно использовать множественное число.

3. Корреляционный-регрессионный анализ данных состава растворов выщелачивания в третьей главе диссертации позволил автору предположить образование в бетонах пяти минералов бериллия, однако рентгенографические исследования обнаружили только один – лейфит. В этом случае не стоило упоминать в выводах по работе оставшиеся четыре минерала, присутствие которых не удалось подтвердить рентгенографическим методом.

4. На с. 96 и 97 более корректно написать не рентгенограмма, а дифрактограмма.

5. В тексте диссертации присутствуют множественные грамматические и пунктуационные ошибок.

Сделанные замечания не снижают ценности диссертационной работы и не ставят под сомнение ее значимость работы. Работа представляет собой законченный научный труд, обладающий высокой ценностью.

Соответствие требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертантом выполнены все требования, предъявляемые к диссертациям. Тексты диссертационной работы и ее автореферата свидетельствуют о высокой квалификации автора: они написаны грамотным научным языком, соответствуют требованиям для написания диссертаций и авторефератов, содержат основные положения и разделы диссертационной работы, а также достаточное количество рисунков, таблиц и ссылок на литературные источники. Методы исследования и аналитическое обеспечение, использованные диссертантом в его работе, не вызывают сомнений в достоверности полученных им результатов. Число публикаций и выступлений диссертанта на конференциях говорит о достаточной апробации полученных данных. Автореферат соответствует тексту диссертации. Результаты работ опубликованы в 10 статьях, 9 из которых входят в перечень рецензируемых журналов ВАК. Диссертационная работа соответствует пункту 10 паспорта научной специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Заключение

Диссертация Д.А. Коробейникова является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по определению закономерностей процесса иммобилизации в бетонных матрицах отходов, содержащих бериллий и тритий, и разработке на их основе технологии обращения с бериллий- и тритийсодержащими отходами. Диссертационная работа Д.А. Коробейникова представляет собой завершённое исследование и обладает внутренним единством. Основные результаты диссертационной работы полно и правильно отражены в автореферате.

Диссертационная работа отвечает требованиям п.п. 9, 10, и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Коробейников Денис Анатольевич – заслуживает

присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Отзыв рассмотрен и обсужден после доклада соискателя по материалам диссертационной работы на заседании научно-технического совета Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» 18 января 2024 г.

Протокол № 1 от 18.01.2024, присутствовало 9 членов научно-технического совета.

Автор отзыва согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Отзыв подготовил

Начальник НТО, к.т.н.

05.17.02 «Технология редких, рассеянных

и радиоактивных элементов»

тел. 8(495) 278-04-00 (доб. 231)

Л.Г. Соловьева

Подпись *Соловьевой Ларисы Геннадьевны* заверяю

Ученый секретарь



Е.А. Нескоромная

Сведения о ведущей организации

Акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»

111524, Московская область, город Москва, ул. Электродная, д.2, стр. 1.

Телефон: (495) 278-04-00; e-mail: info_vniht@rosatom.ru

www.vniht.ru