

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Осташкиной Елизаветы Евгеньевны** на тему «**Научно-технологическое обоснование кондиционирования отработавших ионообменных смол методом включения в полимерное связующее**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки)

Актуальность работы. В настоящее время на многих российских атомных станциях и иных предприятиях отрасли отсрочено принятие решений по выбору способов обращения с различными радиоактивными отходами, в результате чего происходит их накопление. Значительная часть таких отходов представлена отработавшими ионообменными смолами (ОИОС).

Диссертация Осташкиной Е.Е. посвящена применению и обоснованию разработанной технологии включения ОИОС в полимерное связующее на основе эпоксидных смол для переработки ОИОС атомных станций, отличающихся неоднородностью состава с присутствием мелких фракций, а также обоснованию безопасности хранения получаемой полимерной матрицы с включенными ОИОС в условиях пункта приповерхностного захоронения. Приведенные положения определяют актуальность темы диссертации.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Показано, что предварительная обработка ОИОС методом обезвоживания до остаточной влажности 50 - 53 масс. % позволяет получить полимерный компаунд, хранение которого безопасно в условиях приповерхностного размещения;

2. Установлено увеличение механической прочности и водостойчивости при облучении дозой до 10^4 Гр и циклическом температурном воздействии в диапазоне от 0 до 100 °С полимерного компаунда на основе ОИОС с предварительной обработкой методом обезвоживания до остаточной влажности 50 - 53 масс. %;

3. Установлено, что в полимерном компаунде на основе обезвоженных ОИОС с остаточной влажностью 50-53 % не происходят процессы деструкции, вызывающие увеличение объема.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем:

- показано, что полимерный компаунд с иммобилизованными ОИОС РАО 3 класса, с предварительной обработкой методом обезвоживания до остаточной влажности 50 - 53 масс. % и удельной активностью в интервале 10^7 - 10^8 Бк/кг при размещении в пункты приповерхностного захоронения характеризуется увеличением механической прочности и химической водостойчивости за счет сшивки и доотверждения полимерного компаунда при хранении;

- установлено, что при размещении полимерного компаунда на основе обезвоженных ОИОС с остаточной влажностью 50-53 % в условиях пункта приповерхностного захоронения не наблюдается газовыделения и увеличения объёма;

- показана возможность отделения мелких фракций и переработки реальных ОИОС с АЭС путем добавления технологической операции промывки ОИОС и узла отделения мелкой фракции для реализации пропитки ОИОС в контейнере полимерным связующим;

– разработаны и аттестованы методики определения характеристик полимерного компаунда МИ-206-2022 (ФР.1.28.2022.44467), МИ-207-2022 (ФР.1.28.2022.44463), МИ-208-2022 (ФР.1.28.2022.44465), МИ-209-2022 (ФР.1.38.2022.44462), позволяющие выполнить подтверждение соответствия компаунда нормативным требованиям;

– технология и установка кондиционирования адаптирована и апробирована для переработки реальных ОИОС АЭС и принята к применению на Калининской АЭС (Решение АО «Концерн «Росэнергоатом» от 06.08.2019 1.2.2.06.001.0526-2019), что позволило выполнить переработку реальных ОИОС АЭС в количестве 33,2 м³. Разработан проект привязки установки на Калининской АЭС, что позволит выполнить переработку всего объема смол, накопленных за годы ее эксплуатации.

Достоверность полученных автором результатов подтверждается их воспроизводимостью в процессе набора статистики, применением аттестованных методик измерений для определения физико-химических характеристик РАО и их радионуклидного состава, применением разработанных и аттестованных методик для определения показателей качества и критериев приемлемости полимерного компаунда, определением показателей пожароопасности полимерного компаунда в аккредитованной лаборатории. Полученные выводы обоснованы и подтверждаются результатами проведенных исследований.

Результаты работы представлены в материалах 12 научных конференций и опубликованы в 9 статьях, в том числе в 3 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, 2 – в рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Получено 2 патента РФ.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературных источников из 118 наименований и приложения. Материал изложен на 157 страницах машинописного текста, включает 48 рисунков и 37 таблиц.

Во **введении** отражена актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту. Установлены объект и предмет исследования. Представлена информация о личном вкладе автора и апробации результатов.

В первой главе автором приведен обзор научной и патентной литературы, направленный на анализ исследуемой проблемы. Выделены основные используемые в мире методы переработки ОИОС, проведен анализ их достоинств и недостатков. Рассмотрены преимущества разработанной во ФГУП «РАДОН» технологии и установки иммобилизации ОИОС в полимерную матрицу на основе эпоксидных смол методом пропитки. Выполнена детальная постановка целей и задач исследования.

Во второй главе приводится описание основных методик и оборудования, используемых при проведении экспериментальных работ. Описаны объекты исследования, а также параметры и методы их контроля.

В третьей главе приведены сравнительные результаты исследования предварительной обработки ОИОС перед ее включением в полимерный компаунд, проводящийся с целью удаления влаги. Рассмотрены два метода: сушка и обезвоживание вакуумированием. Экспериментально показано увеличение объема высушенных ОИОС при увлажнении более чем на 48 %, увеличение объема и разрушение полимерного компаунда с высушенными ОИОС, длительность и энергозатратность процесса. Для предварительной обработки рекомендовано обезвоживание ОИОС вакуумированием. Показано, что вакуумирование в течение 30 минут позволяет получить полимерный компаунд, устойчивый к воздействию воды, термическому и радиационному воздействию, а ОИОС после вакуумирования соответствуют требованиям НП-019-15 по скорости выщелачивания.

Четвертая глава посвящена исследованию поведения полимерного компаунда в условиях приповерхностного захоронения, т. е. при дозовых и температурных нагрузках в условиях ППЗРО. Образцы подвергали облучению в дозах от 10^4 до 10^6 Гр и температурному воздействию в диапазоне от 0 до 100 °С. Отмечено увеличение средних значений механической прочности компаунда, что объясняется процессами доотверждения (сшивки) его полимерной составляющей, которые имеют радикальную природу, и говорит о сохранении структурной стабильности компаунда. Показатели выщелачивания Cs^{137} и H^3 не превышали нормативных значений. Компаунд также не отклонялся от нормативных требований после 2 лет временного хранения в условиях ППЗРО и 5-8 лет лабораторного хранения. Исследования показали, что при твердении и хранении компаунда не происходит газовыделения, что говорит об отсутствии химических реакций между компонентами РАО и материалами контейнера, об исключении процессов радиолиза воды и радиационных изменений материалов. Изменение объема образцов компаунда после облучения не превышало 5 об. %, что доказывает его радиационную стойкость.

Глава 5 описывает адаптацию опытно-промышленной установки кондиционирования ОИОС, разработанной ФГУП «РАДОН», к применению для переработки ОИОС АЭС реального происхождения с Калининской АЭС, которые могут отличаться присутствием мелких механических примесей. Установка оснащена дополнительными узлами, позволяющими осуществить отделение примесей в потоке

пульпы ОИОС за счет разности плотностей твердой фазы и воды. Получаемый полимерный компаунд соответствует требованиям НП-019-15 и НП-093-14.

В главе 6 выполнено обобщение и сравнение полученных результатов исследований и научно-технологическое обоснование выбора обезвреживания в качестве способа предварительной обработки ОИОС, безопасности получаемого полимерного компаунда в условиях приповерхностного размещения и применимости опытно-промышленной установки разработки ФГУП «РАДОН» для переработки реальных ОИОС атомных станций.

В заключении диссертационной работы приведены основные результаты и выводы по работе.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

1. В списке сокращений указаны не все сокращения используемые в работе. Сокращения КурАЭС, КЛНАЭС, СмАЭС считаю не очень удачными.

2. Почему выбран процесс сушки в колонне? Какие ещё варианты аппаратного оформления процесса сушки рассматривались?

3. При облучении отверждённых ИОС наблюдается уменьшение объёма, с чем связан данный процесс?

4. В работе упоминается отсутствие выделения газов при хранении отверждённых ИОС, по всей видимости, правильней говорить, что оно достаточно мало для возможности его фиксации используемыми методами.

5. Наблюдалось и измерялось выделение газов при облучении отвержденных ИОС?

6. На рисунке 1.8 (схема процесса) показано, что в контейнер подаётся полимерное связующее, а на рисунке 1.9 (общий вид опытно-промышленной установки) показаны емкости для эпоксидной смолы и отвердителя. Как происходит процесс смешения компонентов до однородного состояния и как это контролируется?

Вышеуказанные замечания не носят принципиальный характер, и в целом не меняют общего положительного впечатления о выполненной диссертационной работе и не влияют на главные практические результаты диссертации. Проведённые научные исследования привели к получению новых научных знаний.

Оценивая работу в целом, считаю, что она является законченным научным исследованием, посвящённым решению важной проблемы.

Работа выполнена на высоком научном и техническом уровне и написана чётким научным языком.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что по своему содержанию диссертационная работа **Осташкиной Елизаветы Евгеньевны** соответствует паспорту научной специальности 2.6.8. «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» в части направлений исследований: 3. Способы утилизации техногенного и вторичного сырья; 10. Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты.

Диссертация **Осташкиной Елизаветы Евгеньевны** на тему «Научно-технологическое обоснование кондиционирования отработавших ионообменных смол методом включения в полимерное связующее» отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор диссертации, **Осташкина Елизавета Евгеньевна**, заслуживает присуждения исковой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Старший научный сотрудник
отдела разработки технологий
и материалов ЯТЦ АО «Прорыв»,
кандидат химических наук
(05.17.02 Технология редких,
рассеянных и радиоактивных элементов)


Виданов Виталий Львович

119607, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Раменки,
Раменский бульвар, д. 1
Тел.: +7 (495) 380-35-76

e-mail: ViLVidanov@rosatom.ru

АО «ПРОРЫВ»
119607, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Раменки,
Раменский бульвар, д. 1
Тел.: +7 (495) 380-35-76
<https://proryv2020.ru/>

Подпись В.Л. Виданова удостоверяю:
Советник
по управлению персоналом
АО «ПРОРЫВ»

Тарасова Мария Александровна



“15” мая 2026 г.