

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.04 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от _____ года № _____

О присуждении ученой степени доктора технических наук Савкину Александру Евгеньевичу, представившему диссертационную работу на тему: «Переработка радиоактивных отходов с селективным извлечением радионуклидов и кондиционирование отработавших сорбентов» по научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация принята к защите «28» ноября 2023 года, протокол № 3, диссертационным советом РХТУ 2.6.04, созданным на базе РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 14 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «03» февраля 2022 года № 17ОД с изменениями, внесенными приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «25» декабря 2023 года № 418А.

Соискатель Савкин Александр Евгеньевич, «02» августа 1953 года рождения, окончил Московский орденов Ленина и Трудового Красного Знамени химико-технологический институт имени Д.И. Менделеева в 1976 году, диплом серия А-1 номер 538713.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Переработка кубовых остатков АЭС с использованием селективных сорбентов» по научной специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов защитил в 1999 году в диссертационном совете, созданном на базе Московского научно-производственного объединения «РАДОН».

Соискатель работает ведущим инженером-технологом в Научно-производственном комплексе – Сергиево-Посадском филиале федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды».

Диссертация выполнена в Научно-производственном комплексе – Сергиево-Посадском филиале федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (ФГУП «Радон»).

Официальные оппоненты:

Милютин Виталий Витальевич – доктор химических наук, заведующий лабораторией хроматографии радиоактивных элементов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук;

Винокуров Сергей Евгеньевич – доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории радиохимии федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук;

Борисова Наталия Евгеньевна – доктор химических наук, ведущий научный

сотрудник лаборатории дозиметрии и радиоактивности окружающей среды кафедры радиохимии химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Ведущая организация – Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара (123098, Москва, улица Рогова, д. 5а).

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 69 научных работах (объем 307 с.), опубликованных соискателем, в том числе в семи публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, в пяти публикациях в рецензируемых изданиях, в пяти публикациях в других научных журналах. Пять работ опубликовано без соавторов. Получено семь патентов РФ на изобретения. В публикациях по теме диссертационной работы представлены результаты исследований процессов технологии переработки твердых и жидких радиоактивных отходов. Личный вклад автора в работы, опубликованные в соавторстве, составляет более 80 % и заключается в анализе литературных данных, постановке цели и задач исследований, разработке теоретических положений диссертации, методик проведения экспериментов и технологических решений, непосредственном участии в написании статей.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Савкин А.Е. Разработка и испытания технологии переработки жидких радиоактивных отходов АЭС // Радиохимия. 2011. Т. 53. № 5. С. 470–473. (Web of Science, Scopus)

2. Савкин А.Е., Карлин Ю.В., Маряхин М.А. Разработка и испытания усовершенствованной технологии очистки ЖРО МосНПО «Радон» // Радиохимия. 2011. Т.53. № 5. С. 474 – 476. (Web of Science, Scopus)

3. Савкин А.Е. Совершенствование технологии очистки кубовых остатков Кольской АЭС от радионуклидов // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы. 2020. Вып. 4(105). С. 51-59. (ВАК)

4. Осташкина Е.Е., Савкин А.Е. Научно-технологическое обоснование выбора способа кондиционирования отработавших радиоактивных ионообменных смол // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы. 2020. Вып. 3(104). С. 40-53. (ВАК)

5. Савкин А.Е. Переработка пластов, накопленных на АЭС // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы. 2021. Вып. 2(108). С. 61-69. (ВАК)

Результаты диссертационной работы также апробированы на 32 всероссийских и международных научных конференциях, опубликовано 49 материалов докладов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Отзыв официального оппонента**, доктора химических наук (02.00.14 (1.4.13) Радиохимия), ведущего научного сотрудника лаборатории дозиметрии и радиоактивности окружающей среды кафедры радиохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» **Борисовой Натальи Евгеньевны**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Можно ли совместить установки фильтрации, применяемые при переработке кубовых остатков АЭС, и использовать одни и те же фильтры (71N01,03) и для осаждения хроматов, и для отделения осадка после дополнительного озонирования с коллектором, не вводя дополнительный фильтрующий блок

71N01,03 (рис. 3.13)? Возможно ли использование фильтров 71N01,2 (рис. 3.8) для отделения осадка гидроксидов хрома и кобальта или необходима микрофльтрация с использованием мембранных фильтров типа 73N01,2 (рис. 3.8)? Можно ли заменить дорогой нитрат кобальта на более дешевый соосадитель?

2. При описании методов обработки солевого плава допущен пробел в описании фильтрации и активности осадков, подвергнутых остекловыванию. Создается впечатление, что несколько абзацев рукописи исчезли при редактировании (стр. 169), т.к. после таблицы по сорбционной очистке, без ее обсуждения, сразу переход к составу плава для остекловывания осадка.
3. Из описания эксперимента по измерению давления набухания не ясно, как проводилась коррекция веса на величину добавляемой воды. Дополнительно хотелось бы иметь больше данных по погрешности измерения давления таким методом.

В заключении указано, что диссертация Савкина Александра Евгеньевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи селективного извлечения радионуклидов при переработке радиоактивных отходов среднего и низкого уровня активности, а также способов их кондиционирования, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты» и требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Савкин Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

2. **Отзыв официального оппонента**, доктора химических наук (02.00.14 (1.4.13) Радиохимия), главного научного сотрудника лаборатории радиохимии федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук **Винокурова Сергея Евгеньевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. К главе 2 (Методическая часть): раздел 2.2 ограничивается указанием использованных методов анализа, однако не приведено описание использованных оборудования и методик (или ссылок на такие методики). При этом частично такие сведения приведены в соответствующих главах.
2. К главе 3: Указано (стр. 98), что «при использовании селективных сорбентов для переработки кубовых остатков АЭС необходимо особое внимание уделить проблеме выделения ^{137}Cs ...». При этом выше приведены данные, что ранее при использовании ферроцианида калия-кобальта удалось очистить «декантат кубового остатка от $^{137}, ^{134}\text{Cs}$ до значения объемной активности порядка 150 Бк/дм³ (исходная объемная активность, Бк/дм³: ^{137}Cs - $n \cdot 10^5$)». Следовало более четко пояснить, почему такие исследования было важно развивать. Для вывода о высокой химической стойкости отработавшего сорбента было целесообразно

привести данные по степени выщелачивания ^{137}Cs . В разделе 3.8 было бы корректно привести методику испытаний стендовой установки, разработанную на основе результатов работ в лабораторном/опытном масштабе.

3. К главе 4: Обсуждение результатов в таблицах 4.3 – 4.5 не приведено. Вывод к таблице 4.6 (стр. 170) содержит: «При этом был получен стеклоподобный материал, отвечающий регламентированным требованиям [11].». Какие показатели качества стеклоподобного компаунда оценивали? В разделе 4.2 при ТЭО использовали стоимость захоронения отходов на 2019 год. Сохранилась ли стоимость на настоящее время?
4. К главе 5: Убежден ли автор, что для ТЭО (раздел 5.3) выбраны оптимальные условия предлагаемой технологии обращения с солевыми ЖРО?
5. К главе 6: Следует более конкретно пояснить, почему для компаунда с ПФД (таблица 6.4) выбраны Р/Ц соотношение 0,7 и количество ПФД 10 масс. %.
6. К главе 7: Выделение относительно короткого раздела (стр. 213-217) в отдельную главу не выглядит необходимым, потому что раздел посвящен апробации найденных в диссертации решений для отдельного типа РАО.
7. К главе 8: Результаты селективного выделения радионуклидов из вторичных ЖРО после дезактивации металлических РАО целесообразно пояснить.
8. К главе 9: Чем обоснован выбор сорбентов для радия (модифицированный диоксид марганца и сильнокислотный катионит Dowex HCR-S)?
9. К главе 10: Как определяли радиационную устойчивость полимерного компаунда с ИОС? Оценивали ли при этом состав газовой фазы? Известен ли фазовый состав и условия подготовки цеолитового сорбента? Какова причина существенного роста прочности на сжатие облученного полимерного компаунда с цеолитом?

В заключении указано, что диссертация Савкина Александра Евгеньевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи по разработке методов селективного извлечения радионуклидов при переработке твердых и жидких радиоактивных отходов среднего и низкого уровня активности, а также способов кондиционирования отработавших ионообменных смол и неорганических сорбентов как основы технологии новых эффективных технологий переработки и кондиционирования жидких и твердых радиоактивных отходов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Снижение отходовности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты» и требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Савкин Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

3. **Отзыв официального оппонента**, доктора химических наук (02.00.14 (1.4.13) Радиохимия), заведующего лабораторией хроматографии радиоактивных элементов федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук **Милютин Виталия Витальевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Термин «ионоселективная очистка» может быть отнесен только к случаю сорбции радионуклидов цезия на ферроцианидных сорбентах. Селективной сорбции других радионуклидов, в частности, кобальта, на всех известных сорбционных материалах не наблюдается.
2. Лабораторные исследования по сорбции цезия из кубовых остатков АЭС были проведены в основном на сорбентах НЖА, НЖС, и KCoFeCN-PAN. В то же время, в дальнейшем, автор предлагает для очистки КО от радионуклидов цезия сорбент Термоксид-35.
3. В табл. 3.5 не показаны коэффициенты очистки кубового остатка от радионуклидов кобальта и марганца.
4. Вызывает удивление присутствие более 25 масс. % нитратов в составе осадка (табл. 5.8). Практически все нитраты являются растворимыми в воде и не могут находиться в составе твердой фазы.
5. При характеристике полученных матриц на основе стекла диссертант указывает только на скорость выщелачивания. Другие показатели, предусмотренные в нормативных документах, не приводятся.
6. Текст диссертации перегружен количеством глав. Главы 6-9, посвященные переработке ЖРО ГНЦ ФЭИ, вторичных ЖРО, образующихся в термических процессах переработки ТРО, дезактивации металлических РАО и очистки ЖРО пункта хранения радиоактивных отходов «Саакадзэ» содержат во многом сходные технологические приемы и могли бы быть объединены в одну главу.

В заключении указано, что диссертация Савкина Александра Евгеньевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи создания современных эффективных технологий переработки твердых и жидких радиоактивных отходов различного химического и радионуклидного состава, а также способов кондиционирования отработавших ионообменных смол и неорганических сорбентов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности» и «Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты» и требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Савкин Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

4. Отзыв ведущей организации – Акционерного общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В тексте диссертации присутствует, на наш взгляд, избыточное количество

данных по стандартной классификации РАО, общих описаний различных методов переработки РАО. В исследовательской части работы автор излишне детализирует устройство технологических установок.

2. Целесообразно было бы разработать и использовать критерии свойств приготовленной матрицы в целом для оценки качества полимерного компаунда, содержащего отработавшую ионообменную смолу, полученного с использованием полимерного связующего по предлагаемой технологии. Так, для массива матрицы важно влияние таких параметров, как неравномерное изменение объема матрицы под действием температуры при разогреве и охлаждении, контракции во время твердения, испарения воды из зерен гранулированных сорбентов. Использование характеристики плотность на сжатие для оценки упругой и пластичной полимерной матрицы для критерия качества – некорректно.

В отзыве отмечено, что значимость работы для науки и практики состоит в получении новых знаний в области переработки ЖРО с использованием селективной сорбции радионуклидов, окислительно-сорбционной очистки кубовых остатков АЭС, многие из которых имеют общенаучный характер и могут найти применение при разработке технологических комплексов в других отраслях по очистке промышленных стоков. Результаты работы нашли применение при разработке технологий для переработки ЖРО на ФГУП «Радон», Физико-энергетического института, а также АЭС России и Казахстана. В заключении указано, что диссертация Савкина Александра Евгеньевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены обоснованные технические решения по актуальной проблеме, внедрение которых значительно повышает экономическую эффективность переработки, экологическую и радиационную безопасность обращения с РАО. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты» и требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Савкин Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета Акционерного общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (протокол № 1 пункт 4 от «25» января 2024 года). Отзыв подписан главным научным сотрудником отдела радиохимических технологий, доктором химических наук Ананьевым Алексеем Владиленовичем, утвержден генеральным директором организации, кандидатом химических наук Карпюком Леонидом Александровичем.

5. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, старшего научного сотрудника федерального бюджетного учреждения науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН» **Барина Александра Сергеевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не указаны типы сорбентов, с помощью которых проводили испытания по

селективной очистке кубового остатка на пяти АЭС РФ и Украины.

2. Текст автореферата перегружен количеством глав. Некоторые главы, имеющие сходные технологические приемы, могли бы быть объединены в одну главу.
3. Техничко-экономическое сравнение методов переработки и кондиционирования солевых пластов АЭС проведено только по стоимости захоронения без учета эксплуатационных расходов и типа контейнеров, что выглядит неубедительным.

6. Отзыв на автореферат доктора химических наук, профессора, заведующего лабораторией растворов целлюлозы и продуктов их переработки Учреждения Белорусского государственного университета «НИИ физико-химических проблем» **Гриншпана Дмитрия Давидовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате есть стилистические ошибки, есть ненаучные термины, например, «свежий» сорбент.
2. Непонятно, что такое давление набухания высушенных ИОС и по какой методике его определяют.
3. Главное замечание – отсутствие расчета экономической эффективности применения технологии селективного извлечения радиоактивных отходов. Интуитивно, эта цифра должна быть очень большой. Именно она заставит проектировщиков АЭС внедрять технологию А.С. Савкина.

7. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, доцента, начальника группы технологий материалов спецпроизводства лаборатории специального материаловедения Центральной заводской лаборатории Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк». **Волковой Татьяны Сергеевны** Отзыв положительный. Имеются замечания и вопросы:

1. Из текста автореферата (стр. 25) не следует, какова массовая доля ИОС, включенных в полимерный компаунд?
2. Как контролировалась однородность компаунда, получаемого при пропитке ИОС в контейнере полимерным связующим? Можно ли гарантировать, что компаунд был однородным и данные, полученные по отобраным пробам полимерного компаунда, можно распространить на весь компаунд?

8. Отзыв на автореферат доктора химических наук, профессора, профессора Инженерной школы ядерных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» **Жерина Ивана Игнатьевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Сравнение технологий переработки и кондиционирования пластов АЭС проведено только по стоимости захоронения, что является недостаточным.
2. Вызывает сомнение один из пунктов новизны: «впервые изучено набухание высушенных ионообменных смол и измерено давление набухания». Набухание смол изучено давно.

9. Отзыв на автореферат доктора технических наук, руководителя направления проектного офиса перспективных технологий Частного учреждения по обеспечению научного развития атомной отрасли «Наука и инновации» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» **Курского Александра Семеновича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Следует приводить полные наименования нормативов и правил в области использования атомной энергии (НП-019, НП-093), включая их названия и год утверждения.
2. В апробации результатов работы следовало бы отразить участие автора в

заседании НТС Госкорпорации «Росатом» в декабре 2022 г. в качестве эксперта по теме «Разработка технологий обращения с ЖРО на блоках АЭС». Также в практической значимости исследований стоило бы указать продвижение на действующих АЭС отработанных в рамках диссертационной работы технологий селективной очистки ЖРО на Кольской АЭС, а также переработки и утилизации ОИОС в ФГУП «Радон» и на Калининской АЭС. Эти технологии в настоящее время рассматриваются как варианты для последующей реализации программы НИОКР по разработке малоотходных технологий переработки и кондиционирования ЖРО в рамках «Инвестиционной программы капитальных вложений АО «Концерн Росэнергоатом» в период с 2023 по 2028 год.

10. **Отзыв на автореферат** доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника Отдела радиационной безопасности Лаборатории регулирующего надзора за объектами наследия федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства **Лашеновой Татьяны Николаевны**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате не указано, какие селективные сорбенты использовали для очистки имитаторов кубовых остатков АЭС от радионуклидов цезия и кобальта?
2. В автореферате не показано, на основании чего сделан вывод, что полимерный компаунд на основе российских эпоксидных смол может быть использован для отверждения отработавших неорганических сорбентов с удельной активностью до 10^{11} Бк/кг? Какие основания для ограничений?
3. В автореферате в основных положениях в обосновании актуальности темы исследования у автора нет ни одной ссылки на предыдущие исследования в этом направлении. Это пионерская работа?!
4. В автореферате в основных положениях автор четко не выделил объект исследования и предмет исследования. Это затрудняет восприятие материала при чтении автореферата. Также четко не сказано, к какому пункту направлений исследований относится данное исследование по паспорту специальности 2.6.8. - Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Хотелось бы, чтобы соискатель четко это озвучил в ответах на замечания, это важно для протокола.

11. **Отзыв на автореферат** главного инженера Филиала акционерного общества «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» **Матвеева Владимира Александровича**. Отзыв положительный. Замечаний нет.

12. **Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» **Пензина Романа Андреевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. На с. 9-10 главы 3 соискателем приведены формулировки, которые не совсем корректно отражают физико-химический механизм процессов селективной очистки солевых ЖРО от дозообразующих радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Если буквально прочитать написанные фразы, то может создаться впечатление о том, что оба этих радионуклида выделяются с помощью селективных сорбентов. Эти формулировки не соответствуют далее полученным и отраженным в той же главе 3 результатам экспериментов и промышленных

испытаний установки ионоселективной очистки (УИСО) на реальных кубовых остатках (КО) АЭС.

2. Там же, в главе 3 на с. 12 приведена еще одна не совсем корректная фраза соискателя, из которой следует, что полученный после селективной очистки от радионуклидов солевой плав может быть направлен на полигон промышленных отходов. Однако, все образующиеся на конечной стадии переработки солевые плавы, полученные за время работы УИСО на КолАЭС и СмолАЭС, до настоящего времени хранятся в бочках на самих станционных площадках.
3. Кроме того, в автореферате не приведена методика расчета сравнительной технико-экономической оценки стоимости обращения с КО с использованием цементирования и УИСО (посл. абзац на с.16). При сокращении объема вторичных ТРО категории САО в 80-100 раз стоимость обращения с КО должна снизиться не в 1,2 раза в сравнении с методом цементирования, как это указано в автореферате, а намного больше.

13. **Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, директора по науке общества с ограниченной ответственностью «КЕРАМИКФИЛЬТР» **Покровского Даниила Даниловича**. Отзыв положительный. Замечаний нет.

14. **Отзыв на автореферат** доктора технических наук, ветерана атомной промышленности и энергетики, главного научного сотрудника акционерного общества «НПК «Медиана-фильтр» **Рябчикова Бориса Евгеньевича**. Отзыв положительный. Имеется одно замечание:

- Упор при описании сделан на разработку конструкций установок, что понятно, это самое сложное и трудоемкое, но огромному объему работ по выбору и исследованию технологических особенностей процессов, которые были сделаны и на основе которых реализованы аппаратурно-технологические схемы и установки, уделено меньшее внимание.

15. **Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, генерального директора Общества с ограниченной ответственностью «ТехИнвест» **Травушкина Александра Сергеевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Полученные результаты работы по влиянию органических веществ и хромат-ионов на процессы сорбции радионуклидов цезия и соосаждения радионуклидов цезия, кобальта, марганца и др. из высокосолевых ЖРО, не представлены в виде сравнительных таблиц для более объективного анализа;
2. Разработанные методы переработки вторичных ЖРО, образующихся при термической переработке ТРО и дезактивации металлических РАО и основанные на селективном извлечении радионуклидов, не дополнены сравнительными диаграммами и рисунками, позволяющими более наглядно оценить научную новизну проведенной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций в области радиохимии и радиохимической технологии и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработаны и научно обоснованы технологические решения по обращению с твердыми (ТРО) и жидкими (ЖРО) радиоактивными отходами средней и низкой

активности, образующихся на атомных электростанциях (АЭС) и предприятиях Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (ГК «Росатом»);

- предложены: технология ультразвуковой дезактивации металлических радиоактивных отходов (РАО) с селективным извлечением радионуклидов из промывной воды; технология кондиционирования отработавших ионообменных смол непосредственно в контейнере для захоронения с использованием методов обезвоживания и включения в полимерный компаунд; технология переработки солевых пластов, накопленных на АЭС России; технология переработки жидких радиоактивных концентратов (ЖРК) Акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», включающая стадии селективной сорбции радионуклидов цезия и цементирования очищенного раствора; технология обращения с жидкими радиоактивными отходами ФГУП «РАДОН»;

- доказана перспективность использования окислительно-сорбционной технологии очистки от радионуклидов кубовых остатков АЭС и технологии кондиционирования отработавших ионообменных смол во ФГУП «РАДОН».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- изложены технологические решения, направленные на совершенствование технологии обращения с низкоактивными и среднеактивными ЖРО различного химического и радионуклидного состава, образующимися на предприятиях атомной отрасли;

- применительно к проблематике диссертации эффективно, то есть с получением обладающих научной новизной результатов, использован комплекс современных методов исследования, включающий определение химического состава исследованных РАО методами атомно-абсорбционной спектрометрии, пламенной фотометрии, ионной хроматографии и определение радионуклидного состава методами α -, β - и γ -спектрометрии;

- определены и систематизированы основные селективные характеристики различных сорбентов для выделения радионуклидов цезия из высокосолевых ЖРО;

- изучено влияние органических веществ и хромат-ионов на процессы сорбции радионуклидов цезия и соосаждения радионуклидов цезия, кобальта, марганца из кубовых остатков АЭС и растворов солевых пластов АЭС.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны и внедрены: технология окислительно-сорбционной очистки кубовых остатков на Кольской и Смоленской АЭС; технология обращения с низкосолевыми ЖРО на ФГУП «РАДОН»; технология ультразвуковой дезактивации металлических РАО на Балаковской АЭС; технология кондиционирования отработавших ионообменных смол

- определена возможность включения в российские и зарубежные проекты комплексов переработки для существующих АЭС и АЭС нового поколения окислительно-сорбционной технологии очистки от радионуклидов кубовых остатков АЭС и кондиционирования отработавших ионообменных смол методом включения в полимерную матрицу;

- созданы опытные и опытно-промышленные установки для реализации разработанных технологий обращения с ЖРО и ТРО, образующимися на предприятиях атомной отрасли;

- показана перспективность использования технологии окислительно-

сорбционной очистки кубовых остатков АЭС, позволяющей достичь коэффициент сокращения объема РАО от 80 до 100;

– показано, что разработанная технология селективной очистки ЖРО от радия и дочерних продуктов распада урана позволяет снизить образование кондиционированных РАО в 4 – 5 раз по сравнению с осадительной технологией;

– показана возможность уменьшения объема отвержденных ионообменных смол в 4 – 5 раз при замене цементирования на разработанную технологию кондиционирования в контейнере для захоронения методом обезвоживания с последующим включением в полимерный компаунд;

– представлены результаты промышленных испытаний разработанных технологий и установок при переработке реальных жидких и твердых радиоактивных отходов на предприятиях атомной отрасли в России и за рубежом.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть рекомендованы к изучению и внедрению в образовательных и научных организациях, а также на предприятиях, где ведутся исследования и разработки в области обращения с твердыми и жидкими радиоактивными отходами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены с использованием аттестованных методик измерения, поверенных и сертифицированных приборов и лабораторных установок, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

- использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике, и выявлено, что полученные различными методами данные не противоречат общепризнанным положениям и дополняют опубликованные данные других авторов;

- установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

- использованы актуальные и современные физико-химические методы анализа.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследований, непосредственном участии в проведении экспериментов, обобщении, обсуждении и обработке их результатов и формулировании основных выводов, подготовке публикаций по выполненной работе, включая доклады на конференциях различного уровня.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация А.Е. Савкина представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по созданию новых эффективных технологий переработки и кондиционирования жидких и твердых радиоактивных отходов, внедрение которых значительно повышает экономическую эффективность переработки, экологическую и радиационную безопасность обращения с РАО и вносит значительный вклад в развитие страны. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты».

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном

учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «14» сентября 2023 года №103ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ 2.6.04 «15» февраля 2024 года принято решение о присуждении ученой степени доктора технических наук Савкину Александру Евгеньевичу.

Присутствовало на заседании 12 (двенадцать) членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции 2 (два), в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации – 6 (шесть).

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали.

Результаты тайного голосования:

«за» – 10 (десять),

«против» – нет,

недействительных бюллетеней – нет.

Проголосовали 2 (два) члена диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции

«за» – 2 (два),

«против» – нет,

«воздержались» – нет.

Итоги голосования:

«за» – 12 (двенадцать),

«против» – нет,

«воздержались» и недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



И.Л. Растунова

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

М.А. Вартамян

Дата «15» февраля 2024 года