

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04. 14 – теплофизика и молекулярная физика Кашеева Владимира Александровича на диссертацию **Самойлова Андрея Анатольевича «Системная оптимизация и обоснование решений по безопасной эксплуатации установок по обращению с РАО на объектах ядерного топливного цикла»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации», в диссертационный совет Д 002.070.01 на базе Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

Развитие технологий обращения с РАО и соответствующего оборудования для реализации этих технологий всегда осуществлялось параллельно с решением задач по использованию ядерных технологий, но нельзя сказать, что вопросам технологий обращения с РАО всегда уделялось должное внимание.

В середине 20-го века в годы создания ядерного оружия технологии обращения с РАО развивались в условиях жесткой экономии средств и времени и считались второстепенными проблемами. В результате некоторые принятые решения не обеспечили долговременную экологическую безопасность образующихся РАО, а по некоторым видам РАО были приняты, так называемые, отложенные решения, то есть окончательные решения по их утилизации были переложены на будущие поколения. В результате возникла проблема ликвидации «ядерного наследия», которая в современных условиях успешно решается, но является чрезвычайно затратной.

С развитием атомной энергетики, а также с развитием других сфер гражданского использования ядерных и радиоактивных материалов (в медицине и др. отраслях) проблема обращения с образующимися РАО заняла свое достойное место при анализе эффективности работы создаваемых производств.

Однако, взгляд в прошлое и боязнь недооценки последствий зачастую приводит к принятию консервативных решений по безопасному обращению с РАО. В принципе, подобный консерватизм повышает безопасность обращения с РАО, но не всегда оправданные затраты на реализацию повышенных мер безопасности снижают конкурентоспособность атомной отрасли.

Диссертационное исследование направлено на использование системного

подхода к используемым технологиям обращения с РАО, под которым понимается выявление и устранение несоответствий между требованиями обеспечения безопасности и направленными на решение этой проблемы технологическими решениями.

Таким образом, цель представленной к защите работы - разработка и обоснование безопасности и экологической приемлемости предложений по оптимизации технологических решений по обращению с РАО на объектах ядерного топливного цикла характеризует **актуальность темы диссертации и поставленных для работы над ней задач**. Перечень решенных в работе задач, а также использованные при решении данных задач методы доказывает соответствие содержания диссертационной работы **выбранной специальности**.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В работе проведен полный анализ деятельности по обращению с РАО на объектах ядерного топливного цикла - по всем стадиям: от возникновения РАО до их захоронения, и выделены потенциальные зоны оптимизации. Затем на основе базовых и альтернативных сценариев эволюции объектов захоронения РАО с использованием сочетания сложных расчетных алгоритмов разработана согласованная система повышения эффективности деятельности по переработке и захоронению РАО.

Сформулированные в диссертации выводы и рекомендации проверены путем опубликования материалов диссертации в признанных в научном сообществе реферируемых журналах «Вопросы радиационной безопасности», «Радиоактивные отходы», «Атомная энергия», а также доложены на наиболее значимых научно-технических конференциях по проблеме обращения с РАО последних лет: Waste Management Conference 2017; «Проблемы переработки и кондиционирования РАО при приведении к критериям приемлемости», г. Санкт-Петербург, 2017; «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики», г. Москва, 2018 г.; «Радиохимия 2018», г. Санкт-Петербург, 2018 г.; «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018», г. Севастополь, 2018 г.

Достоверность, представленных в работе положений и выводов подтверждается:

- использованием при получении результатов аттестованных расчетных кодов;
- результатами рассмотрения предложений по совершенствованию нормативно-правовой базы в области обращения с РАО на заседаниях тематических НТС № 10

«Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом»

Научная новизна работы заключается в том, что используя системный подход к деятельности по обращению с РАО на объектах ядерного топливного цикла, определены зоны оптимизации. С использованием методов обоснования долговременной радиационной безопасности обращения с РАО разработана система повышения эффективности деятельности по захоронению РАО.

На основе проведенных исследований получены новые данные:

- по воздействию различных материалов на скорость распространения радионуклидов в окружающей среде;
- по оценке содержания долгоживущих радионуклидов в РАО, допустимых для приповерхностного и среднеглубинного захоронения.

Практическая значимость работы определяется разработкой рекомендаций по корректировке технологических решений и нормативно-правового регулирования, направленных на повышение эффективности деятельности по захоронению РАО, и их конкретным развитием для отдельных нормативных документов и крупных объектов размещения особых РАО.

Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых изданиях **соответствует** необходимым критериям.

Автореферат диссертации А. А. Самойлова оформлен в соответствии с требованиями ВАК. В автореферате достаточно полно представлено содержание диссертации, выносимых на защиту положений, научной новизны и практической значимости.

Текст диссертации А.А.Самойлова хорошо структурирован по главам, содержит ясное описание методов исследования, полученных результатов.

Таким образом, диссертация и автореферат диссертации А. А. Самойлова **соответствуют критериям**, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 132 страницы текста. Список литературы содержит 107 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы её основная цель, задачи, научная новизна, практическая значимость, степень достоверности, личный вклад автора, апробация и публикации, а также **основные положения, выносимые на защиту**, а именно:

- а) положение о приоритетности системной оптимизации в сравнении с оптимизацией проектирования и эксплуатации конкретных установок по обращению с РАО;
- б) перечень зон потенциальной оптимизации в области обращения с РАО;
- в) предложения по развитию номенклатуры классов удаляемых РАО и корректировке критериев классификации удаляемых РАО;
- г) подход к формированию оптимизированных критериев приемлемости и стратегии захоронения;
- д) предложения по возможности и безопасности использования загрязненных материалов при консервации пунктов размещения особых РАО.

В первой главе представлено описание всех аспектов, необходимых для формулировки цели и задач исследования.

Обоснован тезис, что оптимизацию в отношении отдельных технологических решений по конкретным установкам и пределам ЯТЦ необходимо предварить системной оптимизацией, основными задачами которой являются:

- выявление потенциальных зон оптимизации в области обращения со всеми потоками РАО, в том числе от эксплуатации или ВЭ крупных объектов ядерной техники;
- разработка и обоснование безопасности и экологической приемлемости предложений по устранению имеющихся проблем или снижению их негативного воздействия для создания необходимых условий для последующей оптимизации конкретных технологий и установок по обращению с РАО.

Определены основные требования к проведению системной оптимизации:

- сопоставимости, то есть возможности сравнения решений по воздействию на эффективность ЕГС РАО;
- полнота охвата этапов и потоков, то есть охвата всех этапов обращения с РАО на ОИАЭ, находящихся на различных стадиях жизненного цикла, а также деятельности по долговременному хранению и захоронению РАО;
 - минимизация суммарных затрат на обращение с загрязненными материалами по всей технологической цепочке обращения с РАО, включая захоронение.

Для сопоставления воздействия мер оптимизации на эффективность обращения с РАО вводится количественный критерий.

Обосновывается необходимость итерационной реализации оптимизационного процесса:

- на первом этапе следует провести анализ деятельности по обращению с РАО на всех

предприятиях ЯТЦ России с выделением проблемных зон;

- в дальнейшем следует провести приоритизацию зон и группировку с учетом технологических связей;

- должны быть предложены технологические решения, соответствующие лучшим практикам в данной области и проведено обоснование их соответствия современным требованиям долгосрочной безопасности и экологической приемлемости.

Во второй главе описывается как определяются приоритетные направления оптимизации. С целью определения потенциальных направлений оптимизации рассматривается детализированная структура затрат на полный цикл обращения с РАО.

Представлены результаты скрининга, выполненного для вновь образующихся (эксплуатационных), накопленных на объектах ЯТЦ РАО и для РАО от вывода из эксплуатации объектов ЯТЦ. Всего определено 16 потенциальных зон оптимизации .

В заключении к главе 2 приведены краткие выводы, включающие перечень приоритетных зон оптимизации, сгруппированных согласно наличию технологических взаимосвязей, следующим образом:

– группа 1 – зоны оптимизации в отношении РАО, подлежащих захоронению в централизованных ПЗРО;

– группа 2 – зоны оптимизации по различного рода отдельным ситуациям, включая обращение с особыми РАО.

В третьей главе предложены и обоснованы решения по оптимизации обращения с РАО, подлежащими удалению в централизованные ПЗРО.

Отмечено, что первоочередная мера по оптимизации – более детальная структура классов, включающая класс ОНРАО, класс РАО для захоронения на средней глубине и др.; показаны основные составляющие обоснования долгосрочной безопасности захоронения долгоживущих РАО на средней глубине. Расчеты выполнены на примере облученного графита, который в текущей классификации отнесен к РАО класса 2.

Приведенные оценки допустимого содержания короткоживущих радионуклидов в зависимости от принятой длительности сохранения институционального контроля показали, что содержание короткоживущих радионуклидов с периодом полураспада менее 15 лет практически не ограничено с точки зрения долговременной безопасности при длительности институционального контроля до 500 лет. Это позволяет на порядки смягчить критерии классификации для таких радионуклидов, а также существенно ограничить перечень контролируемых радионуклидов (до 17, не включая актиниды).

Обоснованы предельно допустимые значения удельной активности для отдельных долгоживущих радионуклидов в приповерхностном ПЗРО. В результате расчетов показана возможность установления существенно более мягких (в том числе на порядки) критериев классификации для ряда радионуклидов (^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{239}Pu).

Определены подходы к формированию оптимизированной системы критериев приемлемости на основании оценки безопасности по различным сценариям эволюции ПЗРО на основе численного критерия, определяющего качество использования радиологической емкости ПЗРО.

Четвертая глава содержит предложения по технологически изолированным зонам оптимизации, то есть отдельным пунктам размещения (консервации) особых РАО.

Обоснована возможность применения загрязненных материалов, образующихся при выводе из эксплуатации объектов радиохимического производства при консервации водоема-хранилища ЖРО В-17 (ФГУП «ПО «Маяк»).

Показана возможность распространения критериальных оценок по отнесению РАО к особым РАО на вновь размещаемые на основании данных по геометрическим характеристикам приповерхностного хранилища (изменение площади поверхности в зависимости от объема размещенных РАО). Показано выполнение соответствующих критериев для объекта ПХ-1 АО «СХК».

Обоснованы рекомендации по совершенствованию нормативно-правового режима обращения с РАО для ряда зон оптимизации. Среди предложенных изменений: корректировка положений 190-ФЗ, разрешающая эксплуатацию ПЗРО для ОНРАО организациями до момента их закрытия, корректировка Градостроительного кодекса в части исключения таких ПЗРО из особо опасных и технически сложных объектов и введение дифференцированных сроков промежуточного хранения.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Основные практически значимые предложения на основе полученных результатов:

- расширение номенклатуры удаляемых классов, в том числе для захоронения на средней глубине для захоронения долгоживущих РАО, включая облученный графит; ОНРАО; ОЗРИ;

- сокращение перечня радионуклидов и введение дифференцированных по

нуклидам критериев классификации, учитывающих их особенности, существенно смягчающих ограничения по удельной активности;

- установление оптимизированных критериев приемлемости РАО и формирование алгоритма захоронения на основании сценарной оценки безопасности и фактических характеристик РАО;

- применение при консервации водоема-хранилища В-17 ФГУП «ПО «Маяк» цементсодержащих материалов, образовавшихся при ВЭ объектов наследия, безопасность применения которых в количестве до 100 тыс. тонн обоснована расчетами миграции радионуклида ^{90}Sr , для которого влияние будет наибольшим;

- проведение оценки выполнения критериев отнесения размещаемых РАО к особым на основании анализа геометрических характеристик объектов, апробация данного подхода на примере объекта ПХ-1 АО «СХК» показало, что при дополнительном размещении РАО в указанном объекте по-прежнему будут выполняться критерии отнесения объекта к ПРОРАО, а размещение дополнительных РАО возможно без изменения программы или концепции вывода из эксплуатации объекта.

Необходимо отметить, что существенно повышает значимость полученных результатов тот факт, что они уже использованы и учтены при подготовке предложений Госкорпорации «Росатом» по корректировке Федерального закона «Об обращении с РАО и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 190-ФЗ, постановления Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1061, ОСПОРБ-99/2010, при разработке федеральных норм и правил НП-103-17 «Требования к обеспечению безопасности пунктов размещения особых радиоактивных отходов и пунктов консервации особых радиоактивных отходов» и руководства по безопасности РБ-154-19 «Рекомендации по применению метода радионуклидных соотношений для определения содержания сложнодетектируемых радионуклидов в радиоактивных отходах предприятий ядерного топливного цикла», а также при реализации ряда ресурсоемких проектов по выводу из эксплуатации и обращению с РАО.

В качестве замечаний к диссертационной работе можно отметить следующее:

- 1) Не проведен анализ влияния разработанных предложений на оптимизацию технологий переработки и кондиционирования РАО, которая должна последовать за проведением системной оптимизации, в том числе для РАО, образующихся в

результате переработки ОЯТ.

2) В работе не приводятся оценки погрешностей расчетов и не даются выводы по их влиянию на полученные результаты.

3) При рассмотрении проблематики использования загрязненных вторичных материалов при консервации водоема-хранилища В-17 ФГУП «ПО «Маяк» рассмотрены радионуклиды ^{99}Tc и ^{90}Sr , при этом не рассмотрен ^3H (если использование вторичных материалов не влияет на скорость его миграции, то это следует указать прямо, как это сделано для ^{99}Tc).

4. Наличие редакторских и оформительских помарок в тексте диссертации:

- Перепутан порядок следования отдельных ссылок на литературные источники;
- Сбита нумерация рисунков в главе 1;
- На отдельных рисунках не читаются надписи вследствие низкого разрешения и маленького шрифта;
- Различным выражениям (формулам) в тексте диссертации в двух случаях присвоены одинаковые номера.

Отмеченные выше замечания не меняют общего положительного впечатления от выполненной диссертационной работы.

Представленные в диссертационной работе материалы прошли серьезную апробацию: по теме диссертации опубликовано 18 научных работ из них 12 статей в специализированных изданиях, включая 4 статьи в журналах по перечню ВАК Минобрнауки России, 1 монография, 1 препринт и 4 доклада на российских и международных конференциях и семинарах.

Таким образом, можно утверждать, что диссертация **А.А.Самойлова «Системная оптимизация и обоснование решений по безопасной эксплуатации установок по обращению с РАО на объектах ядерного топливного цикла»**, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации», полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям - по разделу II Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней"), а ее автор **Андрей Анатольевич Самойлов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата**

технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Кандидат физ.-мат.наук,
директор научно-технологического отделения
по разработке технологий обращения с ОЯТ и РАО
АО «Высокотехнологический научно-исследовательский
институт неорганических материалов им.академика
А.А.Бочвара»

123060, Москва, ул.Рогова, д.5А

Моб. 8-903-550-0050

E-mail: kannal7@mail.ru

В.А.Кашеев

Подпись В.А.Кашеева заверяю:

Ученый секретарь АО «ВНИИИМ»,
кандидат экономических наук

М.В.Поздеев

« 30 » ноября 2020г.

