

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Семенова Сергея Геннадьевича «Разработка научно обоснованной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов и ее практическое применение», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Актуальность тематики диссертационного исследования обусловлена необходимостью решения многих задач по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии при реализации государственной политики в области обеспечения радиационной безопасности, защиты человека и окружающей среды.

Долговременная стратегия вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов заложена в положениях Федерального закона №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Постановление Правительства Российской Федерации от 19.11.2015 №1248 «О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 - 2020 годы и на период до 2030 года» определяет необходимость вывода из эксплуатации до 350 ядерно- и радиационно- опасных объектов. Исследовательские ядерные установки, количество которых в Московском регионе составляет около 50-ти, безусловно, являются объектами, вывод из эксплуатации которых необходимо осуществлять в первую очередь. К причинам такого подхода следует отнести их близкое расположение к территориям крупных городов, которые характеризуются плотной жилой застройкой.

Проблема вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок постоянно находится в фокусе внимания МАГАТЭ. Например, Комитет по нормам безопасности радиоактивных отходов (WASSC) в цикле деятельности 2014-2018 годов из 14 разрабатываемых документов по тематике вывода из эксплуатации рассмотрел DS403 «Вывод из эксплуатации медицинских, промышленных и исследовательских установок» и DS452 «Вывод из эксплуатации атомных станций, исследовательских реакторов и других установок ядерного топливного цикла».

Решение этой масштабной проблемы, безусловно, требует разработки новых подходов, основанных на научно обоснованных принципах и критериях, позволяющих разработать высокоэффективные технологии, обеспечивающие безопасный вывод из эксплуатации исследовательских ядерных установок.

Поэтому разработка методологии вывода из эксплуатации и новых технологий демонтажа конструкций, сокращения объемов радиоактивных отходов, исключения облучения населения с одновременным решением задач обеспечения экологической безопасности при осуществлении вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, безусловно, является крайне актуальной и своевременной задачей.

Целью работы является разработка научно обоснованной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, основанной на принципах обеспечения радиационной безопасности и ее практическое применение при выполнении работ по выводу из эксплуатации комплекса исследовательских реакторов МР и РФТ в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт».

Для достижения поставленной цели автором инициированы и решены задачи, к основным из которых необходимо отнести анализ международной и национальной правовой базы, регламентирующей вывод из эксплуатации ИЯУ. Формирование предметной области состава и функционала исследовательских ядерных реакторов для обоснования общих принципов организации работ по выводу их из эксплуатации и систематизации по уровню радиационной опасности и оптимизации применяемых методов.

Кроме того, автором инициирована разработка методов совместного применения дистанционно-управляемых механизмов и средств дистанционной радиационной диагностики на основе спектрометрических комплексов различного типа, а также алгоритмов и технических решений процедур обнаружения высокоактивных объектов, сопряженные с трехмерным мониторингом загрязнения радионуклидами конструктивных элементов.

Для решения задач идентификации, оценки активности и обнаружения отработавшего ядерного топлива в удаляемых конструкциях и оборудовании ИЯУ разработаны методы и внедрены испытательные стенды, а также проведена их верификация при выводе из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

К ключевым задачам, инициированными и решенными автором, следует отнести и разработку технологии сортировки и упаковки РАО в транспортные контейнеры с использованием дистанционно-управляемых механизмов для минимизации дозовых нагрузок на персонал.

Научная новизна работы Семенова С.Г. является несомненной.

В первую очередь к новым научным результатам диссертационной работы следует отнести разработку общей методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов и установок, гарантирующую надежное выполнение базовых принципов обеспечения радиационной и ядерной безопасности персонала, населения и окружающей среды.

Впервые предложены и применены в практике масштабных работ по выводу из эксплуатации исследовательских реакторов системы регистрации и локализации интенсивно излучающих объектов, а также методы совместного применения дистанционно-управляемых механизмов и средств дистанционной радиационной диагностики.

Впервые сформулирован оптимальный набор требований к дистанционно-управляемым механизмам и предложены методы их взаимодействия с учетом специфики выводимого из эксплуатации объекта.

Обоснованность и достоверность результатов. Все полученные в работе результаты и выводы достоверны и обоснованы, что подтверждается представительным объемом данных, полученных в ходе масштабных экспериментальных исследований. Автором использовались только аттестованные методики, а результаты исследований получены в аккредитованных испытательных и измерительных лабораториях. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и их достоверность подтверждается хорошей теоретической проработкой проблемы, использованием методов математической статистики, а также методов системного анализа.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается широким использованием современных методов исследования, включая, спектрометрический, радиометрический и радиохимический анализ.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основании результатов исследований разработаны и внедрены новые технологические решения, позволяющие повысить эффективность процессов по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии, а именно:

- совокупность методов вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок, основанных на принципах обеспечения радиационной безопасности;

- технологии удаления, сортировки, фрагментации и упаковки высокоактивных РАО с помощью дистанционно-управляемых механизмов;

- схемы дистанционной диагностики при осуществлении радиационного обследования технологических помещений и оборудования реактора МР и шахты реактора РФТ;

- алгоритмы снижения дозовых нагрузок на персонал и практически исключение радиационного воздействия на население и окружающую среду в зоне расположения ядерно- и радиационно-опасных объектов НИЦ «Курчатовский институт».

Личный вклад. Автор самостоятельно провел настоящее исследование – от обзора литературы до разработки общей методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок. Автором лично проведено описание технологий ликвидации негативных последствий функционирования

исследовательских ядерных установок НИЦ «Курчатовский институт», положений и выводов диссертационной работы. Автор руководил и принимал личное участие во всех представленных в диссертации научных экспериментах, в практических работах по ликвидации временных хранилищ РАО, по радиационному обследованию реакторов МР и РФТ. Автор организовывал и руководил проведением демонтажных работ оборудования реакторов, выполнял измерения, проводил расчеты, делал основополагающие выводы на основе проведенной работы, оформлял и представлял результаты работ в виде оригинальных открытых публикаций: статей, докладов и презентаций.

Автором предложены и практически реализованы технологии демонтажа хранилищ РАО с помощью дистанционно-управляемых механизмов. Предложены технологии извлечения, сортировки, фрагментации и упаковки пеналов с ВАО.

С участием автора проведено радиационное обследование реактора МР, оборудования девяти петлевых установок (~500 единиц оборудования) и реактора РФТ с использованием методов дистанционной диагностики; обоснованы технологии использования дистанционно-управляемых механизмов при демонтаже оборудования реакторов МР и РФТ в процессе вывода их из эксплуатации.

Публикации. Результаты диссертации опубликованы в 98 научных работах, из них 25 статей в российских рецензируемых научных журналах из списка ВАК, 21 – в базе данных Web of Science.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 289 страницах машинописного текста, содержит введение, обзор литературы, результаты исследований и их обсуждение, выводы, список цитируемой литературы, включающий 131 наименование.

Работа иллюстрирована 100 рисунками и содержит 30 таблиц.

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, предмет и объект исследования, степень разработанности направления исследований, сформулированы цель и задачи работы, раскрыты научная новизна и значимость полученных результатов для теории и практики, методология и методы исследования, а также представлена информация по апробации результатов работы, раскрыт личный вклад автора.

В первой главе «Современная парадигма вывода из эксплуатации исследовательских реакторов» выполнен анализ международной и национальной правовых баз для разработки методов обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных установок. Рассмотрены базовые принципы обеспечения радиационной безопасности, конструктивные и технологические особенности исследовательских ядерных установок, существенные для обеспечения радиационной безопасности при выводе их из эксплуатации. Приведена классификация ИЯУ, предложена

стратегия вывода из эксплуатации, представлены основные этапы и последовательность процедур вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок. Проведен анализ практического применения технологий вывода из эксплуатации, а также сделаны выводы к главе 1.

В главе 2 «Оптимизация методов радиационного обследования при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов МР и РФТ» приводится обзор особенностей конструкции, условий и режимов эксплуатации реакторов МР и РФТ. Рассмотрены методы решения проблем радиационного обследования, показаны существенные преимущества методов дистанционной диагностики с применением разработанных измерительных систем: мобильный радиометр «Гамма-Пионер», система получения гамма-изображений «Гаммавизор», спектрометрическая система для дистанционного обследования помещений реактора с большими уровнями загрязнений «Гамма-локатор», а также спектрометрическая сканирующая система. Представлено описание методов оценки количественных характеристик радиоактивных объектов, а также проведено моделирование дезактивационных работ по результатам радиационного обследования. Выполнена оценка факторов взаимного влияния различных источников на формирование радиационной обстановки. Представлены результаты спектрометрических обследований объектов, находящихся в бассейне-хранилище реактора МР, приреакторных хранилищах ОЯТ и РАО, камеры резки, внутри корпусных устройствах реактора РФТ, а также обследования графитовой кладки реактора РФТ.

В главе 3 «Методология вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов» обоснованы основные факторы, подлежащие учету при подготовке к выполнению радиационно-опасных работ, приведены общие научные положения методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок, обоснованы критерии выбора технологий и набора инструментальных средств для практической реализации работ. Проведена классификация работ по степени радиационной опасности, проведено обоснование необходимости применения дистанционно-управляемых механизмов, описаны характеристики технических средств для фрагментации металлических конструкций и трубопроводов. Разработана технология пылеподавления и проведена оптимизация схем применения локальной вентиляции. Рассмотрены особенности обращения с РАО, образующимися в результате демонтажа оборудования, представлен метод выбора транспортного контейнера и схемы загрузки контейнеров средне и высокоактивными отходами. В части обоснования методического обеспечения радиационно-экологической безопасности при осуществлении работ по выводу из эксплуатации сформулирована стратегия обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных установок, показаны проектные решения радиационной защиты персонала, методическое

обеспечение радиационного контроля, а также методика контроля объемной активности аэрозолей в воздухе.

В главе 4 «Реализация разработанных технических решений при выполнении работ по выводу из эксплуатации реакторов МР и РФТ» обоснован порядок и условия верификации и апробации процессно-целевой методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок, основанной на принципах обеспечения радиационной безопасности. Рассмотрены вопросы, связанные с первоочередными мероприятиями по подготовке к выводу из эксплуатации ИЯУ, такие как демонтаж петлевого канала с облученной сборкой петлевой установки ПВМ с Pb-Bi теплоносителем, удаление облученных петлевых каналов из бассейна-хранилища, радиоактивных объектов и иловых отложений со дна бассейна, дезактивация воды и облицовки бассейна. Кроме того, приведено описание удаления радиоактивных отходов из приреакторного хранилища РАО, демонтажа облучателя в бассейне-хранилище, камеры резки, оборудования реакторов МР и РФТ, внутри корпусных конструкций реактора МР, защитных конструкций, графитовой кладки и корпуса реактора РФТ, системы сбора и удаления жидких радиоактивных отходов в технологических помещениях реактора МР. Рассмотрены технологии по удалению бериллиевых и графитовых блоков из активной зоны реактора, вопросы обращения с РАО, обращения с контейнерами, загруженными РАО, а также система выходного контроля РАО.

В главе 5 «Основные результаты применения разработанной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов» проведен анализ эффективности мероприятий по радиационной защите персонала на различных стадиях работ, описаны процедуры контроля радиационной обстановки при эксплуатации и подготовке к выводу реакторов из эксплуатации, проведен анализ эффективности мероприятий по минимизации внешнего облучения персонала, а также анализ результатов мероприятий, направленных на минимизацию внутреннего облучения персонала и воздействия на население. Кроме того, выполнена верификация расчетных оценок воздействия на персонал, население и окружающую среду, проведена оценка рисков и показана экономическая эффективность защитных мероприятий.

В заключении приводятся выводы по результатам диссертационной работы.

Диссертация и автореферат оформлены на уровне современных редакторских возможностей, наполнены необходимым количеством иллюстрационного материала, изложение содержания работы выстроено логически правильно.

Принципиальных и существенных замечаний по работе в целом нет. Вместе с тем, такая масштабная работа не может быть несвободна от некоторых

недостатков. При прочтении диссертации и автореферата возник ряд следующих вопросов и замечаний:

1. Раздел 2.4.2. «Калибровка спектрометрической коллимированной системы для оценки активности радионуклидов загрязненных помещений» содержит важную специфическую информацию, относящуюся к подготовке измерительной аппаратуры к работам по выводу из эксплуатации, но в контексте диссертационной работы выглядит явно избыточно.

2. В разделах 2.4.5. «Оценка факторов взаимного влияния различных источников на формирование радиационной обстановки» и 2.5.2. «Технологические помещения реактора МР» для моделирования радиационной обстановки применены программные средства MICROSHILD и SigmaPlot. Аттестованы ли эти программные средства Экспертным советом по аттестации программных средств при Ростехнадзоре?

3. В разделе 2.5.1. «Территория реакторного комплекса» приводится описание хранилища высокоактивных отходов. Хранилище состоит из 127 ячеек (стальные каналы пяти различных диаметров). Представлены технологии инвентаризации содержимого ячеек хранилища. В конце раздела автор утверждает, что в результате выполнения работ полностью освобождено более 40 ячеек. Необходимо разъяснить состояние хранилища ВАО и цели инвентаризации.

4. В разделе 2.5.4. «Спектрометрическое обследование объектов, находящихся в бассейне-хранилище реактора МР» на рисунке 2.37 «Условная схема измерения ТРО спектрометрическим детектором» исследуемый объект обозначен как «Образец ТРО». Считаю термин неудачным, если образец уже относится к твердым радиоактивным отходам, то его характеристики должны быть известны.

5. Рисунок 2.53 «Изменение мощности доз в ячейках по глубине графитовой кладки» тяжело воспринимается.

6. Укрупненная информационная модель методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов (рис. 3.1, стр. 150) не содержит обратных связей, необходимо пояснить.

Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы в целом, не умаляют качество проведенных исследований, и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.14.03 в части формулы специальности «Исследования закономерностей, сопутствующих жизненному циклу объектов ядерной техники, включая расчетное и экспериментальное обоснование методов проектирования, конструирование, производство, сооружение, монтаж, эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, управление сроком службы, обращение с радиоактивными отходами,

методы и способы дезактивации» в области исследований «Экспериментальные исследования в реакторных условиях и вне реакторов свойств и характеристик материалов, конструкций, оборудования и систем с целью выявления закономерностей их изменения в течение жизненного цикла объектов ядерной техники» и «Разработка роботизированных комплексов производства и эксплуатации оборудования и технологических систем объектов ядерной техники», что позволяет классифицировать представленную работу по отрасли наук – «Технические науки».

Заключение

Диссертация Семенова Сергея Геннадьевича является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. В работе получены новые научно-обоснованные методологические и технические решения в области вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, внедрение которых вносит значительный вклад в экономическое развитие и повышение экологической безопасности страны.

Диссертация соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а автор диссертации, Семенов Сергей Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 – ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
профессор
АО «Наука и инновации»,
Директор по научному развитию -
научный руководитель химико-
технологического направления,

Сарычев Геннадий Александрович

Адрес: Москва, Кадашевская набережная.,32/2, стр.1

Тел.: 8 903 961 54 63

E-mail: geasarychev@rosatom.ru

дата

Подпись Сарычева Г.А. заверяю:

Генеральный директор АО «Наука и инновации»



П.А. Зайцев