



« У т в е р ж д а ю »

Директор по научной работе
АО «ВНИИХТ»,
доктор химических наук


А.В. Ананьев

«27» сентября 2017 года

Отзыв ведущей организации
на диссертацию Долгих Вероники Павловны
«Разработка технологических подходов обращения с радиоактивными отходами в зависимости от периода потенциальной опасности»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Актуальность темы исследования. При эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов (ЯРОО) встает проблема обращения с радиоактивными отходами (РАО), которые неизбежно образуются на всех стадиях жизненного цикла.

Закон ФЗ-190 от 11 июля 2011 позволяет урегулировать отношения в области обращения с РАО. В законе установлены 2 категории РАО: особые и удаляемые, критерии отнесения к которым сформулированы в ПП РФ № 1069 от 19.10.2012. Требования по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения на всех этапах обращения с РАО устанавливают санитарные правила (СПОРО-2002, ОСПОРБ-99/2010), переработанные в соответствии с требованиями закона. Технология переработки РАО определяется агрегатным состоянием, удельной активностью и количеством отходов, а также техническими и финансовыми возможностями предприятия. Выбор варианта изоляции зависит от радиационных характеристик отходов и является экономической и социальной задачей, которая решается в зависимости от классификации РАО, основанной на удельной активности отходов.

Основным недостатком существующей классификации является то, что она не учитывает срок сохранения потенциальной радиационной опасности, референтным показателем которого является срок сохранения потенциальной опасности РАО ($T_{\text{ппо}} \text{ РАО}$), и его возможное увеличение за счет накопления дочерних радионуклидов. На данном этапе при размещении РАО в пунктах хранения (ПХ) РАО не учитывается $T_{\text{ппо}} \text{ РАО}$. В результате в ПХ РАО размещены упаковки РАО как с давно истекшим $T_{\text{ппо}}$, так и РАО, которые ещё продолжительное время будут представлять потенциальную радиационную опасность.

В нормативном документе НП-093-14 определены общие требования к установлению критериев приемлемости для захоронения, как для самих РАО, так и для упаковок. Критерий отнесения радионуклидов к короткоживущим или долгоживущим по периоду полураспада 31 год, не учитывает $T_{\text{ппо}}$. Это

позволяет поставщику отходов собирать в одной упаковке РАО с разным сроком хранения, а это приводит к необоснованным затратам на хранение и захоронение отходов.

В Федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» представлен объем работ и ЯРОО, планируемых к выводу из эксплуатации. И их количество будет увеличиваться. Эти работы неизбежно будут сопровождаться образованием большого количества отходов разного уровня активности. Учет и контроль движения отходов необходимо проводить на всех стадиях обращения. Для этого необходимо создавать экономически обоснованную поэтапную систему обращения всех накопленных и вновь образующихся РАО. Особую значимость приобретает решение вопросов вывода отдельных упаковок РАО, отсеков и/или освобождение хранилищ в целом из-под регулирующего контроля.

В процессе исследований соискателем получены **новые научно обоснованные технологические решения по усовершенствованию** технологических подходов обращения с радиоактивными отходами, начиная со стадии сбора и заканчивая хранением/захоронением, внедрение которых позволяет:

- своевременно выводить из-под регулирующего контроля как упаковки РАО, так и пункты хранения целиком;
- сократить затраты на обращение с РАО;
- повысить экологическую безопасность обращения с отходами атомной отрасли и народного хозяйства.

Теоретическое значение полученных результатов для создания и совершенствования технологических схем в технологии редких и радиоактивных элементов состоит в том, что:

— Проведен анализ исходных характеристик РАО, определяющих способы переработки и кондиционирования.

— Определены сроки сохранения потенциальной опасности РАО, с учетом вклада дочерних радионуклидов.

— Уточнена классификация РАО, с учетом срока сохранения потенциальной опасности РАО и технологических особенностей обращения с отходами.

— Усовершенствованы и унифицированы технологические схемы обращения с РАО в зависимости от срока сохранения потенциальной опасности РАО и морфологического состава отходов.

— Разработаны критерии приемлемости для основных технологических этапов обращения с РАО в зависимости от способа утилизации.

Практическая значимость полученных результатов исследования состоит в следующем:

— Показано, что при определении срока сохранения потенциальной опасности РАО необходимо учитывать накопление дочерних радионуклидов.

— Показана необходимость использования срока сохранения потенциальной опасности РАО в качестве основного критерия при выборе технологических подходов обращения с РАО.

— Предложены усовершенствованные унифицированные технологические схемы обращения с РАО, которые базируются на системе классификации РАО, учитывающей срок сохранения потенциальной опасности РАО, и позволяют своевременно выводить из-под регулирующего контроля упаковки РАО, не представляющие радиационной опасности для окружающей среды в технологии переработки радиоактивных элементов.

— Показано, что применение технологических подходов к обращению с РАО, в зависимости от срока сохранения потенциальной опасности РАО, приводит к существенному снижению затраченных финансовых средств на утилизацию РАО и может достигать ~ 80 %.

Диссертационная работа состоит из ведения, шести глав, списка сокращений и условных обозначений, заключения, списка литературы, включающего 199 источников. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, содержит 41 таблицу, 22 рисунка.

На основании расчетно-экспериментальных исследований о влиянии гетерогенного распределения активности радионуклидов в объеме упаковки на достоверность определения активности и идентификации радионуклидов были выявлены особенности характеристики упаковок РАО большого размера при неравномерном распределении радионуклидов в объеме упаковки. Полученные результаты были использованы для усовершенствования технологического процесса по характеристике РАО в ФГУП «РАДОН». Данные получены с использованием информационно-технической системы контроля и учёта РАО, которая разработана и внедрена с участием автора диссертационной работы в ФГУП «РАДОН».

Проведенные исследования показали, что перечень радионуклидов, находящихся в РАО, превышает более 100 шт. Были установлены радионуклиды, которые вносят основной вклад в активность РАО (Cs-137, Co-60, Sr-90, Am-241, Pu-238, Ir-192, I-125, H-3, Ra-226) и определяют суммарную активность отходов, находящихся в пунктах хранения.

На примере двух «исторических» пунктов хранения показано, что содержание таких радионуклидов, как Pu-239 и Am-241, при размещении на хранение не вносят существенный вклад в суммарную активность пункта хранения, но со временем именно они определяют потенциальную радиационную опасность этих объектов. На основании исследования получены достоверные данные о характеристиках РАО, поступающих на утилизацию, определяющие способ утилизации.

Автором подробно рассмотрены подходы к определению периода потенциальной опасности радиоактивных отходов. Показано, что при определении периода потенциальной опасности необходимо учитывать накопление дочерних радионуклидов. В цепочке Ra-228→Th-228 срок сохранения потенциальной опасности увеличится с 38 лет до 60 лет за счет

накопления дочернего Th-228. Необходимо отметить, что отходы, содержащие Pu-241 с начальной удельной активностью меньше МЗУА ($1,0 \times 10^5$ Бк/кг), условно не являются РАО в начальный момент, но через 8 лет накапливается такое количество дочернего радионуклида Am-241, что отходы переходят в категорию РАО, и будут представлять потенциальную радиационную опасность на протяжении ~ 770 лет.

Предложенные подходы по определению периода потенциальной опасности РАО были использованы для определения $T_{\text{ппо}}$ для основного набора радионуклидов для 2,3,4 классов РАО. Проведенные результаты исследования показали, что класс отходов при хранении может меняться за счет накопления дочерних радионуклидов. Так, при хранении среднеактивных РАО для материнских радионуклидов Pu-241, Pu-236 класс отходов увеличивается с 3 на 2, следовательно, требования к инженерным барьерам для изоляции таких отходов ужесточаются, и это необходимо учитывать при выборе способа захоронения отходов.

Диссертантом предложена классификация РАО по дополнительным группам внутри классов, в зависимости от намеченного способа изоляции. Для формирования групп была выбрана градация в зависимости от $T_{\text{ппо}}$ РАО: 5, 35, 50, 95, 105, 190, 300 лет, и, в зависимости от сроков изолирующей способности упаковок РАО и критериев приемлемости для захоронения, предложены рекомендации по способу размещения в хранилище и используемого типа контейнера для РАО, относящихся к этим группам.

В результате проведенных исследований были установлены объемы РАО, относящиеся к каждой группе, поступивших на утилизацию в ФГУП «РАДОН» в период с 2012 по 2014 год, для 20 512 упаковок РАО. Анализ данных показал, что внедрение разработанной классификации по группам $T_{\text{ппо}}$ позволит уменьшить объем РАО для утилизации на 25 %.

Завершающая часть работы посвящена разработке технологических подходов обращения с радиоактивными отходами в зависимости от периода потенциальной опасности. Приведены унифицированные технологические схемы обращения с РАО в зависимости от срока необходимой изоляции РАО, сформированы критерии приемлемости упаковок РАО по удельной активности для каждого технологического передела в зависимости от морфологического состава, возможной технологической схемы подготовки РАО и способа захоронения.

Анализ экономической эффективности подхода обращения с радиоактивными отходами, в зависимости от периода потенциальной опасности показал, что снижение затрат на утилизацию РАО может достигать ~ 80 %.

Внедрение полученных результатов работы позволит формировать упаковки РАО с близкими $T_{\text{ппо}}$, своевременно выводить из-под регулирующего контроля как упаковки РАО, так и пункты хранения целиком, которые не представляют радиационную опасность для окружающей среды, тем самым снизить отходность при утилизации РАО.

Замечания и рекомендации по диссертации.

В качестве замечаний и рекомендаций по диссертации можно сформулировать следующие:

1. На стр. 62 упоминается термин "ключевая линия", однако, автор не приводит определение «ключевая линия», что затрудняет понимание изложенного материала.

2. По тексту нет единообразия в терминологии. Так, термин «пункты хранения» на стр. 69, 70, 86 и т.д. заменен на термин «хранилища». С большой свободой и очень часто используется словосочетание «утилизация РАО». Глава 3 содержит это даже в заголовке «Характеристики РАО, поступающих на утилизацию». Хотя термин «утилизация» означает использование, применение и пр. полезное использование. Но автор не рассматривает извлечение стронция-90 для РИТЕГов, кобальта-60 для медицинских целей и т.п. А речь идет в дальнейшем о технологическом хранении РАО или их окончательной изоляции.

3. При разработке подходов по определению периода потенциальной опасности РАО на стр. 74 приводится перечень материнских радионуклидов, для которых необходимо учитывать вклад дочерних радионуклидов в $T_{\text{ппо}}$ РАО. Однако, существует граница минимальной активности материнского радионуклида, при которой вклад дочерних радионуклидов в $T_{\text{ппо}}$ РАО, можно не учитывать. Логично было указать эти границы для перечисленных радионуклидов.

4. В разделе 3.2 не указаны источники и пути появления в составе РАО, поступающих на переработку, очень экзотичных радионуклидов радий-228, плутоний-241, уран-232.

5. В табл. 6.1 приведены коэффициенты изменения массы для твёрдых РАО в зависимости от исходного морфологического состава, для основных способов переработки. Автор не указывает, на основании каких данных получены эти коэффициенты и зависят ли они от технических характеристик установок для выбранных способов переработки.

6. Приведенные на стр. 88 – 90 данные о качественном и количественном составе 25-ти групп РАО, на которые диссертант предложил разделить РАО, излишни, поскольку на стр.91 обосновывается группировка РАО на 8 групп $T_{\text{ппо}}$.

Отмеченные замечания не отменяют общей положительной оценки диссертации.

Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации. Результаты работы представлены в 26 научных работах, в том числе 2 статьях в журналах, рекомендуемых ВАК.

В целом диссертационная работа выполнена на хорошем научном уровне: она представляет собой законченное научное исследование, в котором реализован системный подход к проблеме обращения с РАО. При этом можно сформулировать следующие выводы.

1. Диссертация посвящена актуальной проблеме – совершенствование технологических разработок в технологии обращения с РАО, которые позволят своевременно выводить из-под регулирующего контроля упаковки РАО, не представляющие радиационной опасности для окружающей среды.

2. Цели и задачи диссертации обусловлены потребностями науки и проблемами экологической безопасности.

3. Цель диссертационного исследования достигнута, поставленные задачи решены на хорошем научно-техническом уровне, текст и графический материал оформлены с использованием современных достижений информационных технологий.

4. Диссертация представляет собой исследовательскую работу, направленную на решение важных практических задач атомной отрасли, обладает новизной и доказательностью.

5. Разработки практической направленности, содержащиеся в диссертации, уже внедрены в ФГУП «РАДОН».

6. По тематике, направлению исследования, научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

На основании ознакомления с содержанием диссертации, автореферата, опубликованных автором работ можно сделать следующее заключение.

Заключение по диссертации:

Диссертация В.П. Долгих является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены новые научно-обоснованные разработки по технологическим подходам к обращению с радиоактивными отходами в зависимости от срока сохранения периода потенциальной опасности, реализация которых вносит положительный вклад в решение экономических и экологических проблем радиационной безопасности страны.

Ведущая организация предлагает существенно расширить сферу практического применения разработок автора диссертации путем реализации разработанных технологических подходов обращения с радиоактивными отходами в зависимости от срока сохранения периода потенциальной опасности радионуклидов, в том числе для ФГУП «НО РАО», ФГУП «РосРАО» и других предприятий атомной отрасли и народного хозяйства, в процессе деятельности которых образуются РАО разных классов. Разработки практической направленности, содержащиеся в диссертации, будут способствовать решению накопившихся проблем обращения с РАО и существенно повысят экологическую безопасность.

По своему содержанию диссертация В.П. Долгих соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», в части формулы специальности «Создание и совершенствование технологических схем, ресурсо-, энергосбережение, охрана окружающей природной среды в технологии редких и радиоактивных элементов» и области исследования «Снижение отходности производств, фиксация отходов в виде малоподвижных, безопасных для окружающей среды соединений или трансформация их в полезные продукты».

Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Долгих

Вероника Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация и отзыв ведущей организации рассмотрены на Научно-техническом совете Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» и одобрены (протокол № 7 от 27 сентября 2017).

Отзыв подготовили:

Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник испытательной лаборатории радиационного контроля АО «ВНИИХТ»

 Рудольф Евгеньевич Кузин

Научная специализация: 05.17.02, 05.13.01, 05.13.06

Адрес - АО «ВНИИХТ», Российская Федерация, 115409 г. Москва, Каширское шоссе, д.33

Тел. 8-916-5352-105, 8-499-324 7474 * 166

E-mail: rkuzin256@mail.ru

Кандидат биологических наук, начальник испытательной лаборатории радиационного контроля АО «ВНИИХТ»

 Наталья Владимировна Ключкова

Научная специализация: 05.17.02, 02.00.02, 14.02.01

Адрес - АО «ВНИИХТ», Российская Федерация, 115409 г. Москва, Каширское шоссе, д.33

Тел. 8-916-505-7351, 8-499-324 7474 * 130

E-mail: zelentchev@mail.ru

Подписи и персональные данные сотрудников АО «ВНИИХТ» (нач. ИЛРК Н.В.Ключковой и проф. Р.Е.Кузина) УДОСТОВЕРЯЮ.

Ученый секретарь АО «ВНИИХТ», кандидат технических наук

 С.Л.Кочубеева (8-499-324 7474 * 681)

 Исп. Кузин Рудольф Евгеньевич

8-499-324 7474 * 166