

ЗАХОРОНЕНИЕ РАО В РОССИИ: АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ФОРСИРОВАНИЕ ИХ РЕШЕНИЯ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СОВЕТАХ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

С. С. Уткин¹, В. И. Дорогов¹, А. Н. Дорофеев²

¹Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

²Госкорпорация «Росатом», Москва

Статья поступила в редакцию 21 апреля 2020 г.

В статье рассматриваются результаты анализа ключевых проблем и форсирования решений по обеспечению безопасности захоронения РАО в России на научно-технических советах Госкорпорации «Росатом» в 2009–2020 гг.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, безопасность, система критериев, стратегия создания пункта глубинного захоронения РАО, подземная исследовательская лаборатория, программный комплекс.

В настоящее время в Российской Федерации в рамках создания Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (РАО) разворачиваются работы по проектированию и строительству объектов для их захоронения. Этому способствовали созданная в последнее десятилетие нормативно-правовая база, мобилизованные организационные и материальные ресурсы [1]. Реализация мероприятий в рамках создания Единой государственной системы обращения с РАО показала необходимость разработки национальных подходов для решения существующих проблем в этой области. Это касается важнейших вопросов, связанных с обеспечением безопасности захоронения РАО и их научно-технической поддержкой: информационно-аналитической базой и базой знаний, требующихся для исследований и имеющих полные и адекватные изучаемым процессам наборы параметров, программным обеспечением

и возможностями надежного прогнозирования эволюции конкретных объектов и материалов, что особенно актуально и необходимо для оценки долгосрочной безопасности объектов глубинного захоронения РАО.

Захоронение РАО — законодательно установленная прерогатива Национального оператора по обращению с РАО [2, 3]. Решаемые Национальным оператором задачи безопасного захоронения РАО носят мультипредметный характер и требуют коллективных усилий ученых и специалистов разного профиля. Такую платформу, в рамках своих компетенций, обеспечивают научно-технические советы Госкорпорации «Росатом». Анализ проблем в сфере обеспечения безопасности захоронения РАО, поиск эффективных решений и инициирование их реализации являются приоритетными задачами научно-технического совета № 10 «Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации

«Росатом». В областях смежных компетенций эти проблемы являются предметом совместного рассмотрения научно-техническими советами № 5 «Завершающая стадия ядерного топливного цикла», № 1 «Ядерные энергетические установки и атомные станции» и № 8 «Новая технологическая платформа атомной энергетики». Кроме этих четырех научно-технических советов, вопросы захоронения РАО регулярно выносятся на обсуждение специализированной секции № 1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО», образованной при научно-техническом совете № 10.

Настоящая статья посвящена анализу ключевых проблем и форсированию принятия решений по созданию системы обращения с РАО в России и обеспечению безопасности их захоронения на заседаниях научно-технических советов Госкорпорации «Росатом» в период 2009—2020 гг.

Рассмотрены процессы и результаты решения следующих задач:

- исследование проблем и выработка подходов к формированию системы критериев идентификации и классификации РАО;
- создание методической базы и ее научно-техническая поддержка в практическом применении для классификации накопленных РАО, установления их объемов и условий размещения РАО (первичная регистрация);
- анализ и инициирование принятия оптимальных решений по реализации этапов стратегии создания пункта глубинного захоронения РАО;
- поиск эффективных подходов по планированию исследований в подземной исследовательской лаборатории для оценки безопасности глубинного захоронения РАО;
- анализ подходов к обеспечению безопасности действующих пунктов захоронения РАО;
- анализ подходов к обеспечению безопасности создаваемых пунктов захоронения РАО;
- формирование направлений и ускорение создания расчетно-программных комплексов для моделирования и прогнозирования при оценке долгосрочной безопасности объектов использования атомной энергии.

Для каждой задачи дается ретроспектива ее решения.

Исследование проблем и выработка подходов к формированию системы критериев идентификации и классификации РАО

Успешное создание эффективной системы обращения с РАО в Российской Федерации [4, 5], предназначенной для обеспечения радиационной

безопасности населения и объектов окружающей среды и позволяющей выполнять международные обязательства в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [6, 7], с одной стороны, не может быть осуществлено без научно обоснованных и экономически реализуемых критериев их идентификации и классификации, а с другой — система критериев позволяет решать ряд практических задач при формировании Единой государственной системы обращения с РАО (ЕГС РАО) [8]. Следует отметить, что эти критерии должны устанавливаться с учетом трех основных факторов: технической реализуемости, экономической возможности и социальной приемлемости. При этом должны быть учтены исторически сложившиеся условия, учитывающие объемы, характеристики и места размещения РАО, накопленных к моменту создания ЕГС РАО.

Рассмотрению подходов к разработке критериев по отнесению отходов к радиоактивным отходам и классификации их по способам и условиям захоронения был посвящен ряд заседаний НТС Госкорпорации «Росатом». Среди них следует выделить совместное заседание НТС № 5 и НТС № 10, состоявшееся 29.02.2012 [9], на котором был проведен широкий анализ различных по степени проработанности и полноты проектов критериев, предложенных к началу этого заседания заинтересованными ведомствами.

Для принятия гармонизированного межведомственного решения научно-техническим советам необходимо было выработать согласованное видение отличавшихся положений проектов. Высказанные на заседании мнения и широкая дискуссия позволили НТС сформулировать пути развития представлений о РАО и подходы к установлению критериев, определяющих, в частности: отнесение отходов к радиоактивным и подпадающим под действие системы обращения с РАО; отнесение РАО к удаляемым, подлежащим извлечению, кондиционированию и захоронению в централизованных пунктах захоронения (ПЗРО); отнесение РАО к особым, подлежащим захоронению на месте размещения; разделение удаляемых РАО на классы для захоронения.

Гармонизированное ядро представлений явилось базой для формирования научно-техническими советами основного содержания документов. Для определения численных значений критериев отнесения к РАО, в частности, в отношении твердых отходов, содержащих техногенные радионуклиды, за основу были выбраны подходы, согласованные в проектах ведомств; в отношении жидких отходов, содержащих техногенные

радионуклиды, для которых ведомственные подходы существенно различались, рекомендовано для всех техногенных радионуклидов, кроме трития, рассмотреть использование величин, кратных уровням вмешательства (порядка 50–100), а для жидких отходов, содержащих тритий, – выделить отдельный критерий отнесения их к ЖРО, что обусловлено его специфическими свойствами. В части критериев отнесения РАО к особым было предложено ограничиться отходами, образовавшимися в результате оборонной деятельности и находящимися на объектах, где имели место радиационные или ядерные аварии.

При рассмотрении совместным заседанием классов РАО в целях захоронения был однозначно подтвержден базисный принцип соответствия классификации РАО по периоду их потенциальной опасности международным рекомендациям.

Выработанные на НТС решения стали основой для межведомственного согласования проекта и последующего утверждения этих критериев Постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО» (Постановление Правительства № 1069) [10], которое сыграло ключевую роль в формировании организационных основ деятельности по обращению с РАО и созданию финансового механизма функционирования ЕГС РАО. Решение столь важных вопросов не может ограничиться принятием нормативных актов и должно проверяться их практическим применением, что явилось причиной повторных рассмотрений подходов к установлению критериев классификации РАО и анализу правоприменительной практики требований Постановления Правительства № 1069 на заседаниях НТС Госкорпорации «Росатом».

Так, анализ реализации требований Постановления Правительства № 1069, в соответствии с положениями, установленными федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии НП-093-14 «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» (НП-093-14) [11], с учетом опыта эксплуатирующих организаций (ОАО «Росэнергоатом», ФГУП «НО РАО» и др.) позволил на заседании секции № 1 НТС № 10 от 11.04.2014 [12] выявить ряд актуальных для практической деятельности проблемных вопросов, в частности, таких, как несоответствие критериев отнесения отходов к РАО Федеральному закону «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении

изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 11.07.2011 № 190-ФЗ (Федеральный закон № 190-ФЗ), создающее возможность увеличения числа объектов, содержащих РАО; чрезмерное расширение номенклатуры РАО за счет включения в них материалов, содержащих короткоживущие радионуклиды; не соответствующее радиологической опасности отнесение к 3 классу РАО, содержащих радионуклиды, относящиеся к группе «Г» по степени радиационной опасности [13], с удельной активностью, даже незначительно превышающей минимально значимую удельную активность.

В принятом решении особо выделено, что совокупность проблем при практическом применении норм Постановления Правительства № 1069 такова, что целесообразна постановка вопроса о внесении в него изменений.

Актуальность необходимости внесения изменений в Постановление Правительства № 1069, сформулированная на заседании секции 1 НТС № 10, была также подтверждена на заседании НТС № 10 от 28.04.2016 [14] в ходе рассмотрения вопроса о создании комплекса цементирования РАО на ФГУП «ПО «Маяк». К необходимости решения этой проблемы ФГУП «ПО «Маяк» еще раз возвращался 16.10.2019 [15] на совместном заседании НТС № 5 и НТС № 10.

Выводы и решения НТС Госкорпорации «Росатом» о необходимости изменений Постановления Правительства № 1069 получили развитие, и его корректировка была включена в План мероприятий по реализации «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.02.2019 № 139-р). Ответственными за подготовку проекта внесения изменений Постановлением Правительства Российской Федерации «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069» (Постановление Правительства об изменениях ПП-1069) были определены Ростехнадзор и Госкорпорация «Росатом».

Была признана необходимость внесения изменений в следующие положения Постановления Правительства № 1069:

- критерии отнесения РАО к особым РАО;
- классификация удаляемых РАО в целях захоронения.

В 2018–2019 гг. на заседаниях координационной межведомственной комиссии по развитию ЕГС РАО и специально созданной рабочей группы были представлены предложения Госкорпорации «Росатом», включающие изменения по

этим двум ключевым вопросам, однако межведомственной координации работ по внесению изменений добиться не удалось.

Дальнейшая параллельная работа двух уполномоченных ведомств привела к существенному расхождению в целях и представлениях о необходимых изменениях в Постановлении Правительства № 1069. Основными причинами этого явилась различная трактовка разумных пределов безопасности, подход к оценке необходимого количества ресурсов, которые потребуется задействовать на мероприятия по его обеспечению, спектра намерений и приоритетности решаемых задач.

В августе 2019 г., в процессе подготовки согласованных предложений по внесению изменений в Постановление Правительства Российской Федерации № 1069, образовалось новое направление. Это было связано с тем, что в вариант предложений, подготовленных Ростехнадзором, были включены принципиально новые, ранее не рассматривавшиеся, изменения критериев отнесения твердых отходов к радиоактивным отходам и критериев классификации удаляемых радиоактивных отходов. Было предложено относить к РАО промышленные отходы с содержанием техногенных радионуклидов до уровня их освобождения от радиационного контроля. Это предложение, в силу объективных причин, не было принято Госкорпорацией «Росатом». Основными из них были следующие:

- инфраструктура ЕГС РАО не способна принять такой объем отходов;
- предприняты меры, в том числе создана межведомственная рабочая группа по решению проблемы обращения с подобного рода отходами;
- уровень опасности таких отходов не требует выполнения всего комплекса мероприятий, предусмотренных для обращения с РАО;
- действующее законодательство в области охраны окружающей среды регламентирует деятельность в области обращения с промышленными отходами, включая промышленные отходы, загрязненные техногенными радионуклидами.

Зримым отражением дискуссий относительно содержания Постановления Правительства об изменениях ПП-1069 стал ряд статей в научно-технических журналах [16, 17], в которых рассматривались аргументы сторон, а также негативные последствия снижения границы отнесения отходов к РАО до уровня их освобождения от радиационного контроля, которое предлагалось специалистами ФБУ «НТЦ ЯРБ» и поддерживалось Ростехнадзором.

Можно было ожидать согласования позиций Ростехнадзора и Госкорпорации «Росатом» в ходе обсуждения изменений на заседании НТС

№ 10, состоявшемся 17.12.2019, однако это удалось сделать лишь частично [18, 19].

В целом по итогам обсуждения было зафиксировано одинаковое понимание Госкорпорации «Росатом», как органа управления обращением с радиоактивными отходами, и Ростехнадзора, как органа государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии по такому вопросу, как необходимость снятия не основанных на принципах безопасности ограничений на происхождение и расположение РАО при принятии решения об их отнесении к особым РАО.

По остальным предложениям, затронутым на этом заседании в докладе представителей ФБУ «НТЦ ЯРБ», которые касались критериев отнесения отходов к РАО и классификации удаляемых РАО, оценки членом НТС были противоречивыми.

Наиболее полярные позиции были высказаны в дискуссии по проблемам обращения с промышленными отходами с повышенным содержанием техногенных радионуклидов. Здесь позиции органов управления и регулирования, а также различных организаций, как и ранее, кардинально отличались.

Предложение Ростехнадзора о значительном увеличении промышленных отходов, относимых к радиоактивным за счет снижения численных критериев отнесения отходов к РАО (ПЗУА) до уровней неограниченного использования твердых материалов, многими специалистами оценивалось как не в полной мере проработанное, в том числе по причине отсутствия необходимых финансово-экономических оценок.

Научно-техническим советом № 10 были приняты решения по актуальным вопросам внесения изменений в Постановление Правительства № 1069.

Были поддержаны предложения, представленные Проектным офисом Госкорпорации «Росатом» «Формирование ЕГС РАО» в серии открытых публикаций и совещаний, ориентированные на вопросы практического применения и основанные на оценках безопасности и экономической эффективности ЕГС РАО, в части:

- исключения не основанных на принципах безопасности ограничений по происхождению и местонахождению при отнесении РАО к особым;
- расширения перечня классов удаляемых РАО и сохранения численных значений по удельным активностям отдельных техногенных радионуклидов для обеспечения функционирования действующей финансовой модели наполнения специального резервного фонда по захоронению РАО, с указанием их адресного применения и установлением нормы относительно

определения конкретного ПЗРО для захоронения тех или иных РАО на основе численных значений критериев приемлемости, установленных в соответствии с федеральными нормами и правилами.

Научно-технический совет № 10 констатировал, что требуется последовательное продолжение работ по поиску согласованного межведомственного решения по всем вопросам корректировки Постановления Правительства № 1069. Для этого НТС рекомендовал Госкорпорации «Росатом» обратиться в Ростехнадзор с предложениями о дополнительных консультациях по актуальной редакции проекта изменений и его рассмотрении на заседании координационной межведомственной комиссии по развитию ЕГС РАО.

В отношении включения промышленных отходов с повышенным содержанием техногенных радионуклидов в сферу обращения с РАО НТС № 10 определил, что при рассмотрении этого вопроса должна быть учтена необходимость:

- проведения дополнительной/повторной первичной регистрации РАО и мест их размещения;
- перераспределения части средств федерального бюджета на обращение с соответствующей категорией промышленных отходов;
- внесения в действующую систему ФНП, регулирующих обращение с РАО, изменений, направленных на установление требований по безопасному обращению с данной категорией отходов, исходя из их реальной опасности.

В целом НТС признал вопрос обращения с промышленными отходами с повышенным содержанием техногенных радионуклидов актуальным и требующим дополнительного обсуждения с привлечением широкого круга специалистов и ведомств, с рассмотрением экономических, организационных и иных факторов, и предложил включить в план работ НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» «Экология и радиационная безопасность» на 2020 г. предметное рассмотрение этого вопроса, включая рассмотрение опыта и планов эксплуатирующих организаций по обращению с такими отходами (концерн «Росэнергоатом», АО «ТВЭЛ», ФГУП «ПО «Маяк» и др.).

Создание и научно-техническая поддержка практического применения методической базы для классификации накопленных РАО, оценки их объемов и условий размещения при проведении их первичной регистрации

Практические ответы на вопросы об объемах РАО и условиях их размещения были получены при проведении первичной регистрации [20], предусмотренной созданием ЕГС РАО.

Большая подготовительная работа была проведена ИБРАЭ РАН совместно с Госкорпорацией «Росатом», Ростехнадзором, ФМБА России, ФБУ «НТЦ ЯРБ», предприятиями отрасли в рамках создания «Научно-технического пособия по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении РАО к особым РАО» [21–23], разработанного с учетом требований законодательства Российской Федерации, нормативных документов и рекомендаций международных организаций в области использования атомной энергии, охраны окружающей среды, радиационной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия. Механизм и подходы, принятые в пособии, а также аспекты его пилотного применения для проектов обоснований отнесения к особым РАО, размещенных в грунтовых могильниках завода 235 и водоема В-9 ФГУП «ПО «Маяк», в пункте хранения «Шламонакопитель ОАО «ПО ЭХЗ», были проанализированы и обсуждены на секции № 1 НТС № 10 от 11.04.2014 [12].

Подходы, формализованные в пособии, предусматривали формирование обоснований по всем критериальным параметрам, в том числе происхождению и местоположению, утвержденным Постановлением Правительства № 1069.

Для отнесения РАО к особым в принятых подходах необходимо было доказать, что максимально консервативные оценки коллективной эффективной дозы облучения, риска потенциального облучения, совокупного размера возможного вреда окружающей среде и затрат, связанных с захоронением РАО на месте, должны быть меньше оценок коллективной эффективной дозы облучения, риска потенциального облучения и затрат, связанных с удалением РАО и их перезахоронением.

Разработанный и принятый механизм, скорректированный по результатам выполнения пилотных проектов, изданное и доведенное до эксплуатирующих организаций научно-техническое пособие, проведенные тренинги и консультации, а также научно-техническое сопровождение выполнения этих работ предприятиями Госкорпорации «Росатом» позволили провести мероприятия по первичной регистрации в течение 2013–2014 гг. Результаты проделанной работы были положительно оценены 26.05.2015 на заседании секции № 1 НТС № 10 [24] и 08.07.2015 на заседании НТС № 10 [25]. В частности, научно-техническими советами подчеркнуто, что:

- в результате работ по инвентаризации и первичной регистрации сформирован информационный ресурс, в котором представлены данные по 2100 объектам;

- эксплуатирующими организациями представлены данные в регистрационных формах по каждому месту размещения накопленных РАО, а межведомственными комиссиями составлены акты их первичной регистрации, утвержденные Госкорпорацией «Росатом».

В рамках обоснования отнесения РАО к особым, при установлении соответствия критериям, определенным Правительством России, для каждого пункта хранения разработаны сценарии удаления размещенных РАО и захоронения на месте, на основе которых оценены коллективные дозы облучения персонала и населения, риски и затраты на проведение работ при реализации того или иного сценария, включая оценку вреда объектам окружающей среды. Обосновывающие материалы готовились эксплуатирующими организациями с экспертной и научно-технической поддержкой со стороны ИБРАЭ РАН, ФБУ «НТЦ ЯРБ», ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, ФГУП «НО РАО».

На основании данных, представленных в актах, Госкорпорацией «Ростом» сформированы перечни пунктов долговременного хранения РАО, пунктов размещения особых РАО, пунктов консервации особых РАО и пунктов захоронения РАО, утвержденные затем Правительством Российской Федерации.

Принципиальным отличием проведенной инвентаризации и первичной регистрации РАО от ранее выполненных работ аналогичной направленности стало установление конкретных сроков и направлений дальнейшей деятельности в отношении каждого объекта.

Анализ и инициирование принятия оптимальных решений по реализации этапов стратегии создания пункта глубинного захоронения РАО

Пункт захоронения — ключевой элемент инфраструктуры и наиболее ответственный элемент обеспечения долговременной безопасности при обращении с РАО. Наибольшее внимание на заседаниях НТС уделялось рассмотрению проблемы создания пункта глубинного захоронения (ПГЗРО) для РАО 1 и 2 классов опасности.

Первый объективный анализ проекта сооружения ПГЗРО в Нижнеканском массиве (далее — ПГЗРО НКМ) был дан на заседании НТС №10, которое состоялось 05.09.2013 и где был рассмотрен вопрос «О ходе проектирования и основных проектных решениях по сооружению пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в горных породах Нижнеканского массива» [26]. Рассмотрение положений проекта на

совещаниях с участием профильных организаций и обсуждение на заседании НТС докладов представителей проектной организации ОАО «ВНИПИпромтехнологии» позволили уяснить общую ситуацию по ведущимся работам и планам.

Достаточно отчетливо стало понятно, что существует тенденция к возникновению противоречий между теми, кто проектирует и будет сооружать пункт захоронения, и теми, кто заинтересован в том, чтобы он был сооружен с обоснованной гарантией обеспечения безопасности его функционирования. У рецензентов из Геофизического центра РАН, ИГЕМ РАН, ФБУ «НТЦ ЯРБ» и ИБРАЭ РАН, а также ряда членов НТС, принявших участие в обсуждении докладов, большую озабоченность вызвал ряд вопросов по общей программе работ, программе исследований в ПИЛ, соответствию требованиям международных документов МАГАТЭ, выработке количественных критериев приемлемости РАО для захоронения в объекте.

Проведенный предварительно анализ состояния разработки, высказанные на заседании мнения рецензентов, суждения выступавших членов совета и профильных специалистов отрасли дали основание научно-техническому совету установить, что выполненные проектной организацией работы и заложенные в проекте подходы определяют только направленности решения поставленных задач, но явно не достаточны для достижения конечной цели — создания ПГЗРО. Для этого потребуются существенно более масштабные исследования, не предусмотренные в полном объеме проектными решениями. Приоритетными задачами по расширению перечня работ должны быть:

- формирование концептуального долгосрочного плана работ по созданию ПГЗРО, его вводу в эксплуатацию, эксплуатации и закрытию;
- формирование детализированной программы создания ПИЛ и проведения в ней исследований;
- организация научно-технического сопровождения работ;
- организация международного сотрудничества по реализации проекта создания ПГЗРО, включая проведение международной оценки безопасности, в том числе на период после его закрытия.

Проблема создания ПГЗРО требует консолидации проектных, научно-исследовательских и организационных ресурсов в существенно большем объеме, чем предусмотрено техническим заданием, принятыми решениями и полномочиями ФГУП «НО РАО».

В выработанном решении НТС рекомендовал Госкорпорации «Росатом» рассмотреть

необходимые действия, обеспечивающие достижение целей указанных задач, в том числе в рамках мероприятий Федеральной целевой программы на 2016—2025 годы, предусмотреть организацию работ по взаимодействию с общественностью с привлечением Общественного Совета Госкорпорации «Росатом», а также принять меры по решению задач международного сотрудничества.

Научно-технический совет особенно выделил, что, как показывает международный опыт стран, уже начавших работы по сооружению ПГЗРО, первостепенное значение необходимо уделять созданию ПИЛ и исследованиям в ней, позволяющим наработать индивидуальные базы данных и знаний для последующего уверенного проектирования и строительства объекта захоронения.

Критический анализ планов по проектированию ПГЗРО на заседании НТС в 2013 г. дал импульс принципиально более глубоким и детальным рассмотрениям вопросов захоронения РАО 1 и 2 классов опасности, в значительной мере сконцентрированных на создании ПИЛ и на разработке и реализации программы проведения исследований для подтверждения проектных параметров безопасности как важнейшей составляющей будущего эффективного функционирования ПИЛ.

Действенное продвижение по выработке взвешенных решений задач создания ПГЗРО было сделано на заседаниях НТС Госкорпорации «Росатом» в 2016 г.

Значимые рекомендации по доработке представленных ФГУП «НО РАО» программы проведения исследований в ПИЛ НКМ и плана мероприятий по ее выполнению были даны 16.03.2016 на заседании секции № 1 НТС № 10 [27].

Ключевым моментом в принятии принципиальных решений по созданию ПГЗРО явилось рассмотрение вопросов концепции захоронения на заседании НТС № 10 от 13.12.2016 [28]. Уже в ходе дискуссии был отмечен ряд вопросов, требующих дополнительного рассмотрения, среди них: необходимость комплексного гидрогеохимического изучения подземных вод массива и создание дополнительных кустов скважин; уточнение состава, вида и объемов захораниваемых РАО; установление длительности периода обоснования безопасности; разработка методического, нормативного обеспечения результатов измерения показателей, свойств массива вмещающих горных пород и протекающих в нем процессов, определяющих безопасность объекта; четкое определение последовательности решения задач, их объема и учета взаимозависимости работ.

Результаты достаточно энергичных предварительных проработок комплекса вопросов обеспечения безопасности геологического захоронения РАО, анализа возможных путей решений предстоящих задач и их обсуждения на НТС привели к принципиально важному выводу о необходимости разработки единого стратегического документа для координации и оптимизации мероприятий, выполняемых различными проектными и научными организациями, разработки детальных планов конкретных мероприятий, базового средства для организации непрерывного процесса интеграции результатов и их экспертной оценки — «Стратегического мастер-плана по обеспечению подготовки оценок и обоснований долговременной безопасности ПГЗРО для захоронения РАО 1 и 2 класса в Нижнеканском массиве» (далее — СМП НКМ), включающего концепцию захоронения, детализацию подготовительных работ по первоочередным задачам, установление требований к исходным данным и итогам работ по задачам и этапам.

Цель СМП НКМ — не только создание и эксплуатация ПИЛ НКМ. Его результаты должны в целом ответить на вопросы общественности и органов регулирования безопасности о возможности безопасного захоронения РАО 1 и 2 класса в выбранном участке. Проект СМП НКМ был разработан в 2016 году [29].

В отношении задач проектирования сооружения ПИЛ и ПГЗРО научно-техническим советом признано необходимым рассмотреть их на совместном заседании НТС № 5 и НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» для обеспечения всестороннего исследования вопроса и детального анализа базовых проектных и технических решений, что и было реализовано с проведением значительной подготовительной работой.

После ряда предварительных обсуждений с ФГУП «НО РАО» были определены важнейшие вехи и акценты создания ПГЗРО и ПИЛ НКМ на совместном заседании НТС по вопросу «Рассмотрение базовых проектных и технических решений по ПИЛ и ПГЗРО (Нижнеканский массив)» 27.10.2017 [30]. Научно-техническими советами были проанализированы и обсуждены «Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» (далее — Стратегия), планы по базовым проектным и техническим решениям ПИЛ и ПГЗРО на ближайшие годы и «Стратегический мастер-план по обеспечению подготовки оценок и обоснований долговременной безопасности ПГЗРО для захоронения РАО 1 и 2 класса в Нижнеканском массиве».

В представленных докладах, экспертных заключениях и выступлениях на заседании

неоднократно отмечалось, что ключевым вопросом в решении проблемы захоронения высокоактивных РАО является глубина и достоверность обоснования безопасности на значительные периоды времени. На основании мирового опыта строительства подобных объектов подтверждено, что создание ПГЗРО целесообразно начать с сооружения ПИЛ для проведения детальных исследований геологического строения участка размещения объекта и процессов взаимодействия элементов конструкции объекта с материалами вмещающей среды, а также отработки технических вопросов его строительства и эксплуатации, получения необходимых достоверных данных. Было отмечено, что практическая реализация любых решений должна базироваться на детальных знаниях и быть признана в обществе.

Научно-техническими советами подчеркнута, что решаемые задачи носят междисциплинарный характер и требуют участия широкого круга профильных специалистов, взвешенного подхода к принятию решений и их корректировке в зависимости от полученных результатов. При их решении потребуется обобщить и использовать знания и опыт из многих областей современной науки и существующих технологий.

В целом обсуждение выявило единодушие взглядов по таким принципиальным вопросам, как необходимость этапной стратегии сооружения ПГЗРО, полной и итерационной обоснованности всех решений, целей создания ПИЛ и временных рамок исследований, возможности и обязательности экспертизы важных решений, в том числе и со стороны общественности. Следствием этого явилась поддержка и отражение в решении НТС предложенной логики поэтапных корректировок проекта, тактики сооружения объектов и методов планирования научных исследований.

При этом взвешенную и ориентированную исключительно на оценку и обоснование безопасности позицию высказали представители органа государственного регулирования безопасности.

НТС № 5 и НТС № 10 одобрили в целом проект Стратегии и СМП НКМ, рекомендовали после учета замечаний рассмотреть вопрос об их межведомственном согласовании и последующем утверждении.

В принятом решении научно-технические советы предложили Национальному оператору выделить в составе проекта создания ПГЗРО в качестве законченных этапов объекты ПИЛ и Демонстрационно-исследовательский центр. Госкорпорации «Росатом» рекомендовано рассмотреть вопросы о создании органов управления по реализации проекта; внесении корректировок в федеральную целевую программу

«Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2030 года» (далее — ФЦП ЯРБ-2) в части разделения мероприятия по созданию ПИЛ по видам работ; определения порядка формирования на базе ИБРАЭ РАН научного руководителя проекта создания ПИЛ и ПГЗРО, утверждения главного проектировщика и главного конструктора проекта создания ПГЗРО, рассмотрения необходимости расширения перечня главных специалистов в структуре ФГУП «НО РАО».

В завершение дискуссии на этом заседании академик РАН Л. А. Большов высказал убежденность в том, что единственный правильный и честный способ взаимодействия с общественностью — это отказаться от захоронения РАО классов 1 и 2 на площадке в случае, если исследования в ПИЛ по обоснованию долговременной безопасности ПГЗРО на ней не дадут положительных результатов. В этом случае, как и в других странах, потребуются искать другое место для глубинного захоронения РАО.

Необходимо отметить, что 28 марта 2018 г. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов утверждена генеральным директором Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачевым [31].

Принятое на научно-технических советах решение о регулярном рассмотрении хода работ по созданию ПИЛ и ПГЗРО в дальнейшем последовательно реализовывалось, и уже в 2018 году ход работ по созданию объекта дважды рассматривался на секции № 1 НТС № 10.

Вопросы содержания и координации работ по реализации Стратегии были вынесены на заседание 09.07.2018 [32], в решении которого отмечается, что разработка СМП НКМ позволила создать программу исследований, представляющую собой сбалансированный и полный перечень распределенных во времени и взаимосвязанных проектных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских задач. Госкорпорации «Росатом» рекомендуется организовать с 2019 года финансирование работ по перечню основных задач в рамках реализации фазы № 1 Стратегии «Подготовительные работы по созданию ПИЛ», длительность которой составляет до 5 лет (2017—2021 гг.). Подчеркнуто, что перенос начала финансирования ряда исследований по программе за рамки 2019 года, в частности работ по определению параметров участка недр в ненарушенном состоянии, влечет риски переноса начала подготовительного этапа работ по созданию ПИЛ.

Широкий круг целей и задач исследований требует максимально тесного взаимодействия научных организаций с ФГУП «НО РАО» как

ответственным недропользователем и организацией — заказчиком работ по сооружению ПИЛ. В решении НТС отмечается активное участие Российской академии наук в лице ИБРАЭ РАН, ИГЕМ РАН, ИФХЭ РАН, СПб Отделения Института геоэкологии РАН, Геофизического центра РАН. По мере реализации Стратегии список научных организаций будет последовательно расширяться. Платформу базы знаний и информационную основу взаимодействия научных организаций может составить централизованный информационно-аналитический ресурс «PULSE». С учетом состава задач и ожидаемого периода проведения интенсивных (2019—2030 гг.) расчетов, направленных на выполнение работ по оценке безопасности ПГЗРО, принято решение об организации условий для формирования нового вычислительного кластера.

Значительное внимание акцентировано на том, что признание результатов исследований со стороны научного сообщества и общественности может состояться только при их максимальной открытости и наличии научных публикаций в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях, а международное признание результатов исследований и обоснования безопасности ПГЗРО может состояться только при активном и длительном участии российских специалистов в работе международных рабочих групп, комиссий, экспертных сообществ и т. д. (МАГАТЭ, АЯЭ ОЭСР и др.) и публикации этих результатов в авторитетных научных журналах.

Подтверждается, что выполненные работы создали все предпосылки для реализации решения совместного заседания НТС №5 и НТС №10 Госкорпорации «Росатом» от 27.10.2017 по дополнительному финансированию в рамках ФЦП ЯРБ-2 мероприятия 2.1 «Строительство объекта окончательной изоляции радиоактивных отходов (пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов) 1-го и 2-го классов (Красноярский край, Нижнеканский массив), 1-я очередь» в соответствующих направлениях ежегодно до 2025 г.

Анализ облика ПИЛ, обсуждавшийся на втором заседании секции №1 НТС №10, 10.10.2018, посвященном полноте экспериментов в ПИЛ [33], будет рассмотрен ниже в разделе описания подходов к планированию исследований в ПИЛ.

Поиск эффективных подходов по планированию исследований в подземной исследовательской лаборатории для оценки безопасности глубинного захоронения РАО

Как отмечалось выше, приоритетное значение для обоснования безопасности захоронения

РАО научно-технический совет придает исследованиям в ПИЛ, научные и организационные планы которых определены разработанными ФГУП «НО РАО» «Программой проведения исследований в подземной исследовательской лаборатории на Нижнеканском массиве», которая обсуждалась рядом ведущих научных и проектных организаций Госкорпорации «Росатом», Ростехнадзора и РАН, и «Планом мероприятий по выполнению Программы проведения исследований в подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве для подтверждения проектных параметров безопасности подземного захоронения РАО классов 1 и 2», предусматривающим проведение исследований одновременно с сооружением ПИЛ, которые стали предметом рассмотрения 16.03.2016 [27] на заседании секции №1 НТС №10 Госкорпорации «Росатом».

Было отмечено, что участниками обсуждения предложено большое количество мероприятий и работ, в ряде случаев это касалось и принципиальных вопросов концепции захоронения.

Решением секции эти предложения рекомендованы ФГУП «НО РАО» для доработки плана.

При формировании перечня работ 2016 года было предложено считать целесообразным его расширить, предусмотрев, в частности, разработку проекта стратегического мастер-плана по обеспечению подготовки оценок и обоснований долговременной безопасности (СМП).

На 2016 г. в качестве первоочередных участниками заседания предложены конкретные работы, в частности, по созданию структурной модели трещинного пространства НКМ, моделированию переноса радионуклидов с подземными водами в трещиноватом массиве, термодинамическому, геомеханическому моделированию, исследованию защитных свойств природного и техногенных барьеров ПГЗРО, обоснованию номенклатуры параметров сценариев воздействия природных и техногенных процессов в условиях размещения объекта на Нижнеканском массиве, обобщению результатов ранее выполненных исследований (в том числе зарубежных) применительно к обоснованию безопасности объекта геологического захоронения РАО.

Как уже упоминалось ранее, еще одно целенаправленное обсуждение, сконцентрированное на анализе состава планируемых в ПИЛ экспериментов, преследующих цель получения необходимых данных для оценки долговременной безопасности ПГЗРО, состоялось 10.10.2018 на заседании секции №1 НТС №10 [33]. На нем обсуждались доклады по составу планируемых исследований, анализу международного и

отечественного опыта, целям и ожидаемым результатам экспериментов, основным условиям для их проведения.

В ходе заседания обсуждался вопрос о возможности использования радиоактивных веществ при проведении исследований в ПИЛ.

На НТС сформировалось мнение, что публичные обязательства ФГУП «НО РАО» по отсутствию радиоактивных веществ на объекте препятствуют применению радиоизотопных методов изучения геологической среды в рамках действующего законодательства и не имеют ничего общего с размещением РАО.

На основе экспериментальных работ в ПИЛ, научно-технический совет резюмировал, что общая программа исследований содержит около полутора сотен взаимосвязанных проектных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских задач, и около 50 из них ориентированы на экспериментальные установки ПИЛ.

В развитие этого блока работ выработаны предложения по составу планируемых экспериментов, направленных на оценку безопасности ПГЗРО как в период его эксплуатации, так и после закрытия. В него входят около 40 экспериментов по 9 направлениям. Они должны быть начаты на первой и второй фазах реализации Стратегии, в том числе в ходе выполнения горнопроходческих работ. Требования к их проведению должны быть заложены в проекте развития ПИЛ. Еще около 10 экспериментов по отработке технологий загрузки РАО будет проведено не ранее третьей фазы реализации Стратегии. Обсуждение программы исследований, выполняемых в ПИЛ, и планируемых экспериментов было продолжено 16.10.2019 на совместном заседании НТС № 5 и № 10, в ходе которого был проанализирован облик ПИЛ НКМ с оценкой объемов необходимых исследований для обоснования долговременной безопасности ПГЗРО [15].

В рамках первой фазы утвержденной Стратегии доработана и принята комплексная программа исследований для оценки долговременной безопасности захоронения РАО и оптимизации СМП НКМ на период планирования до 2030 г.

В ней в качестве первоочередных (2019–2021 гг.) мероприятий выделены:

- выполнение предпроектных обоснований по развитию ПИЛ в части исследовательских установок, мест их размещения, оборудования для проведения исследований, систем, обеспечивающих их работоспособность;
- развертывание комплексных систем долговременных наблюдений по основным процессам, влияющим на безопасность ПГЗРО;

- выполнение геологоразведочных работ, в том числе по выявлению структурных нарушений и ненарушенных блоков пород, определению и прогнозу развития тектонических условий района размещения ПГЗРО, уточнению характеристик подземных вод;

- решение вопросов оборудования экспериментальных установок, методического обеспечения работ на площадке и в лабораториях, материалов и расчетного инструментария.

Отмечено, что важной ближайшей (конец 2019 – начало 2020 г.) задачей является учет потребностей в рабочей и проектной документации для проведения исследований при сооружении ПИЛ. Разрабатываемая «Программа научного сопровождения горнопроходческих работ» и ее результаты на фазах I и II реализации Стратегии станут ключевым элементом при лицензировании ПИЛ и международной экспертизе.

Научно-техническими советами предложено внести в первоочередную корректировку проектной документации проведение следующих работ:

- А) при сооружении ПИЛ:
 - углубленные геологические обследования при каждом цикле проходки для картирования трещиноватости, геологического описания обнаженных участков, оперативных гидрогеологических обследований и др.;
 - специальные интервальные гидрогеологические и геомеханические обследования на выявленных проблемных участках массива;
 - сооружение и эксплуатация экспериментальных узлов на шахтных стволах.

- Б) при эксплуатации ПИЛ:
 - термомеханические, геомеханические, гидрогеологические, микробиологические, геохимические и барьерные эксперименты;
 - эксплуатация сети наблюдений и экспериментальных узлов на вертикальных стволах;
 - отработка технологических решений по загрузке РАО и размещению закладочных материалов при закрытии горных выработок.

Соответствующие работы необходимо реализовывать в рамках отдельной проектной документации по эксплуатации ПИЛ в ходе ее развития. Подготовку новой проектной документации целесообразно начать не позднее 2022 г.

Анализ подходов к обеспечению безопасности действующих пунктов захоронения РАО

В настоящее время существует четыре действующих пункта захоронения низкоактивных и среднеактивных РАО, среди них: три пункта

глубинного захоронения жидких РАО (далее — ПГЗ ЖРО) предприятий Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ГХК», АО «СХК», АО «ГНЦ РФ НИИАР»), в которых осуществляется захоронение ЖРО путем закачки в пласты-коллекторы глубокого залегания, и первая очередь приповерхностного пункта захоронения ТРО в районе размещения АО «УЭХК».

Все ПГЗ ЖРО — «Опытно-промышленный полигон» (Ульяновская область, г. Димитровград), «Полигон площадок 18 и 18а» (Томская область, г. Северск), «Полигон «Северный» (Красноярский край, г. Железногорск) — находятся в федеральной собственности и переданы ФГУП «НО РАО» в хозяйственное ведение.

По применяемой в России практике глубокой закачки ЖРО в 2013 г. состоялась экспертная миссия МАГАТЭ, в рамках которой были установлены основные ограничения существующего подхода к обоснованию долговременной безопасности ПГЗ ЖРО, не позволяющие говорить о полном соответствии отечественной практики обоснования безопасности требованиям документа SSR-5 МАГАТЭ.

По результатам ее работы, вопросы обеспечения безопасности ПГЗ ЖРО были проанализированы на заседании НТС № 10 17.04.2014 [34]. Были рассмотрены представленные ФГУП «НО РАО» предложения по программе расчетно-экспериментальных исследований ПГЗ ЖРО (далее — Программа), направленные на устранение замечаний и разработку детальной программы закрытия ПГЗ ЖРО, в которой выделены направления: концептуальное и математическое описание эволюции ПГЗ ЖРО; материалы и конструкции, планируемые для использования при закрытии; нормативно-правовые аспекты закрытия ПГЗ ЖРО.

В отношении реализации отдельных направлений Программы были отмечены, в частности, различия в требованиях по уровню детализации моделей и наличие взаимосвязи рассматриваемых процессов; ключевая роль радиационно-термических воздействий и важность микробиологических исследований; накопленный опыт ИБРАЭ РАН в разработке современной трехмерной геомиграционной геофильтрационной модели полигона «Северный» и необходимость рациональной организации однотипных исследований на различных полигонах и использования существующих и разрабатываемых моделей; необходимость продолжения формирования и наполнения перечня событий и ключевых факторов, влияющих на безопасность полигонов; различия в значимости измеряемых в экспериментальных исследованиях

параметров для результатов обоснования безопасности.

В сформулированных научно-техническом советом НТС № 10 рекомендациях по доработке Программы особо отмечена необходимость реализации расчетно-экспериментальных исследований ПГЗ ЖРО с целью обоснования детальной концепции их закрытия и устранения недостатков, отмеченных Миссией МАГАТЭ.

Отмечено, что в этом направлении было выполнено более 25 НИР, разработан ряд программ экспериментальных исследований. Проводится работа по подготовке ряда документов для обоснования долговременной безопасности в соответствии с международными стандартами, начата корректировка концепции закрытия ПГЗ ЖРО и проработка отдельных технологий по ликвидации скважин. Дополненная Программа рекомендована к утверждению.

Анализ подходов к обеспечению безопасности создаваемых пунктов захоронения РАО

На заседании секции № 1 от 25.05.2015 [35] рассмотрен вопрос о соответствии проектируемого пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 класса (на базе хранилища ТРО НПК ФГУП «Радон») уже построенным аналогичным, в том числе за рубежом, с точки зрения эффективности и экологической безопасности.

Детальное обсуждение позволило признать, что материалы по проектированию объекта для захоронения РАО 3 и 4 классов на территории предприятия ФГУП «Радон» в целом соответствуют как рекомендациям МАГАТЭ, так и аналогичным зарубежным объектам, в частности, Франции Centre De L'Aube (ANDRA), Испании El Cabril (LILW, ENRESA), Бельгии Dessel, Великобритании Dounreay. Признано, что материалы позволяют на этапах «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС) и «Обоснование инвестиций» (ОБИН) подготовить документы по обоснованию долговременной постэксплуатационной безопасности, соответствующие требованиям и рекомендациям современной правовой и нормативной базы и международным подходам.

Аналізу проблем деятельности по проектированию ПЗРО посвящено рассмотрение секцией № 1 НТС № 10 от 12.04.2019 вопроса обоснования долгосрочной безопасности приповерхностных пунктов захоронения ТРО 3 и 4 классов [36].

Своевременный ввод в эксплуатацию пунктов приповерхностного захоронения РАО классов 3 и 4 (далее — ППЗРО) является одной из приоритетных задач развития ЕГС РАО. Одним из важнейших параметров, влияющих на обоснование

долговременной безопасности ППЗРО, является исходный радионуклидный состав РАО. Отсутствие данных по радионуклидному составу, релевантному для целей обеспечения долгосрочной безопасности РАО классов 3 и 4, приводит к необходимости проведения наиболее консервативных сценариев обоснования безопасности ППЗРО с использованием максимальных значений удельных активностей радионуклидов, установленных Постановлением Правительства № 1069. Подобный подход приемлем с точки зрения обоснования безопасности, однако он может приводить к чрезмерным экономическим затратам, причем эффект многократно усиливается ориентацией проектных организаций на использование традиционных технических решений и недостатками установленной в рамках Постановления Правительства № 1069 классификации удаляемых РАО.

По результатам обсуждения секция № 1 НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» решила:

1. Определить приоритетной задачу формулирования консолидированной отраслевой позиции по внесению изменений в Постановление Правительства № 1069.

2. Считать целесообразным в рамках корректировки критериев классификации РАО для целей захоронения предусмотреть:

- их установление на основе предварительного (рамочного) анализа долговременной безопасности захоронения и более гибкого учета индивидуальных особенностей радионуклидов, таких как: период полураспада, радиотоксичность, миграционная способность;
- большую гибкость (частичное или полное исключение, установление диапазонов, использование описательных формулировок и т. д.) в отношении установления граничных значений удельной активности радионуклидов;
- необходимость развития требований по ППЗРО для отдельных видов РАО (графита, отработавших закрытых радионуклидных источников (ОЗРИ), очень низкоактивных РАО (ОНРАО)).

Было рекомендовано ФГУП «НО РАО» и основным производителям РАО:

- проанализировать практику передачи РАО на захоронение и ее возможные изменения после корректировки Постановления Правительства № 1069;
- сформировать стратегию захоронения РАО классов 3 и 4 с учетом корректировки Постановления Правительства № 1069, уточненных данных по объемам захоронения, радионуклидного состава РАО, результатов оценки долговременной и эксплуатационной безопасности для различных сценариев.

Следует отметить, что в настоящее время Проектный офис «Формирование ЕГС РАО» Госкорпорации «Росатом» инициировал разработку руководства по безопасности, в рамках которого должны быть даны рекомендации по перечню радионуклидов, состав которых необходимо контролировать и отражать в паспорте на упаковку РАО.

Выбор направлений и ускорение создания расчетно-программных комплексов для моделирования и прогнозирования обеспечения долгосрочной безопасности объектов использования атомной энергии

Необходимым инструментом исследований в целях обеспечения безопасности захоронения РАО является использование программных средств. В то же время для решения этих задач на безальтернативной основе во многих случаях задействованы импортные программные продукты. Их использование сопряжено с очевидными рисками зависимости от разработчика и потерей национальной компетенции. Кроме того, создание специализированных моделей сложных объектов, таких как ППЗРО НКМ, при использовании зарубежных кодов зачастую невозможно.

Состояние и стратегические потребности системы расчетных кодов для задач обоснования радиационной и экологической безопасности объектов ядерного наследия и пунктов захоронения РАО были рассмотрены на заседании НТС № 10 от 24.10.2018 (в развитие заседания НТС № 10 от 29.10.2015 [37], рекомендовавшего считать актуальными в качестве отраслевых расчетных кодов в областях геомиграционного и геофильтрационного моделирования два комплекса — НИМФА (ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ») и GeRa (ИБРАЭ РАН и ИВМ РАН)). Были сформулированы [38] первоочередные задачи в данной области по доведению программных средств до стадии готовности представления на экспертизу и по формированию совокупности надежных экспериментальных данных, пригодных для верификации программных средств.

В выступлениях на этом заседании было отмечено, что разработка и внедрение отечественных программ для ЭВМ является в настоящее время стратегической задачей развития импортонезависимых российских технологий, при этом разработка сложных трехмерных расчетных моделей и алгоритмов, равно как и оценка погрешностей расчетов с использованием таких моделей и алгоритмов, требует значительных усилий по их верификации и валидации.

В этой связи работы по верификации (валидации) программ для ЭВМ приобретают особую актуальность.

В своем решении научно-технический совет подчеркнул, что успешно реализуются основные, рекомендованные НТС № 10 от 12.03.2015, направления развития программ для ЭВМ и математических моделей. Идет, в частности, разработка кодов:

- FENIA (моделирование тепловыделения и напряженно-деформированного состояния);
- Destruct (методология и анализ процессов в системе инженерных барьеров безопасности);
- GeRa v.2 (моделирование процессов в геологической среде);
- CORIDA (оценка характеристик РАО и расчет дозы от внешнего облучения);
- MOUSE (оценка чувствительности и неопределенности).

Итогом развития программ для ЭВМ и математических моделей должна стать национальная методология обоснования безопасности.

Деятельность по разработке системы программ для ЭВМ, предназначенных для комплексного обоснования безопасности объектов ядерного наследия и пунктов захоронения радиоактивных отходов, была одобрена. Рекомендовано предусмотреть: на период до 2025 года корректировку технических заданий на работы в части обязательности включения требования по экспертизе программ для ЭВМ и организацию дополнительных мер по доведению программ для ЭВМ до готовности к такой экспертизе; установление в технических заданиях на планируемое комплексное инженерное и радиационное обследование требований по выявлению и оформлению надежных данных для верификации (валидации) программ для ЭВМ.

Заключение

В статье проанализирована деятельность научно-технических советов Госкорпорации «Росатом» по рассмотрению проблем и форсированию принятия решений по обеспечению безопасности захоронения РАО в России в период 2009—2020 гг.

Проведенный анализ дает развернутую картину динамики управления ключевыми процессами обеспечения безопасности захоронения РАО научно-техническими советами Госкорпорации «Росатом» и позволяет получить детальное представление о тщательности и обоснованности выбора оптимальных подходов, инициативах по ускорению и повышению эффективности решения задач в завершающей стадии обращения с РАО.

Литература

1. Дорощев А. Н. О ходе работ по развитию нормативно-правовой базы в области обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2019. № 3 (8). С. 6—13.
2. Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.03.2012 № 384-р «Об определении национального оператора по обращению с радиоактивными отходами».
4. Состояние и перспективы развития системы обращения с РАО: Решение тематической секции № 10 «Ядерная и радиационная безопасность» НТС Госкорпорации «Росатом» от 17.06.2009.
5. О программе создания единой государственной системы обращения с РАО: Решение тематической секции № 10 «Ядерная и радиационная безопасность» НТС Госкорпорации «Росатом» от 03.06.2010.
6. Крюков О. В., Хаперская А. В., Дорощев А. Н., Ферантов А. В., Кудрявцев Е. Г., Линге И. И., Уткин С. С., Дорогов В. И., Шарафутдинов Р. Б., Полизов А. В., Василишин А. Л. Выполнение обязательств России в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2019. № 1 (6). С. 25—36.
7. Линге И. И., Дорогов В. И., Шарафутдинов Р. Б., Непейтнво М. А., Хаперская А. В. Об опыте представления Национальных докладов Российской Федерации по выполнению обязательств в рамках Объединенной конвенции // Ядерная и радиационная безопасность. 2016. № 1 (79). С. 18—27.
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1185 «Об определении порядка и сроков создания ЕГС РАО».
9. О вопросах критериев и классификации РАО: Решение совместного заседания от 29.02.2012 НТС № 5 «Замыкающая стадия ядерного топливного цикла» и НТС № 10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом». Утв. председателем НТС № 5 Госкорпорации «Росатом» акад. РАН Б. Ф. Мясоедовым и председателем НТС № 10 Госкорпорации «Росатом», чл.-корр. РАН Л. А. Большовым.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным

отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».

11. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» (НП-093-14): утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2014 № 572.

12. Практическое применение предприятиями постановления Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 года № 1069. Разработка обоснований на основе «Научно-технического пособия по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении РАО к особым РАО: Решение секции № 1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» от 11.04.2014.

13. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ99/2010): утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 № 40 (с изменениями на 16.09.2013).

14. О возможности и целесообразности корректировки предельных норм содержания альфа-излучающих нуклидов в твердых РАО (комплекса цементированья), определенных постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069: Решение НТС № 10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 28.04.2016.

15. Актуальные проблемы обращения с ВАО и САО на ФГУП «ПО «Маяк» и ФГУП «ГХК». Ход работ по созданию ПИЛ и ПГЗРО в Нижнеканском массиве: Решение совместного заседания НТС № 5 «Замыкающая стадия ядерного топливного цикла» и НТС № 10 «Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 16.10.2019. Утв. председателем НТС № 5 Госкорпорации «Росатом» акад. РАН Б. Ф. Мясоедовым и председателем НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» акад. РАН Л. А. Большовым.

16. Иванов Е. А., Шаров Д. А., Демьяненко М. В., Шарафутдинов Р. Б., Курындин А. В. О некоторых проблемах обращения с промышленными отходами, содержащими техногенные радионуклиды // Ядерная и радиационная безопасность. 2019. № 3 (93) С. 3—13.

17. Абрамов А. А., Большов Л. А., Гаврилов П. М., Дорофеев А. Н., Игин И. М., Линге И. И., Мокров Ю. Г., Печкуров А. В., Уткин С. С. Об идеях расширения системы обращения с РАО на промышленные отходы, содержащие техногенные радионуклиды // Радиоактивные отходы. 2019. № 4 (9). С. 6—13.

18. Развитие нормативной базы по радиационной безопасности: Решение НТС № 10 «Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 17.12.2019.

19. Дорогов В. И. К обсуждению внесения изменений в ключевые нормативные документы по обращению с РАО // Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). С. 113—114.

20. О проведении первичной регистрации радиоактивных отходов: Постановление Правительства Российской Федерации от 25.07.2012 № 767 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2012. № 32. Ст. 4554.

21. Линге И. И., Савкин М. Н., Абалкина И. Л. и др. Развитие подходов к обоснованию отнесения РАО к особым РАО: Препринт ИБРАЭ, № ИБРАЭ-2014-04. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2014. 29 с.

22. Абалкина И. Л., Барчуков В. Г., Бочкарев В. В., Ведерникова М. В., Дорогов В. И., Кочетков О. А., Крышев И. И., Линге И. И., Панченко С. В., Савкин М. Н., Уткин С. С. Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0. Москва, 2014.

23. Абрамов А. А., Савкин М. Н., Ведерникова М. В., Линге И. И., Уткин С. С., Дорогов В. И., Крышев И. И., Барчуков В. Г., Кочетков О. А., Курындина Л. А. Методические подходы к обоснованию отнесения РАО к особым РАО / В кн.: Особые радиоактивные отходы / Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Тяжкороб Ж. В., и др. Москва, 2015. С. 106—146.

24. О работе по применению в организациях отрасли «Научно-технического пособия по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0»: Решение секции № 1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» от 26.05.2015.

25. Результаты работ по инвентаризации ЯРОО и первичной регистрации РАО, включая оценку снижения риска в результате реализации ФЦП ЯРБ: Решение НТС № 10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» от 08.07.2015.

26. О ходе проектирования и основных проектных решениях по сооружению пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в горных породах Нижнеканского массива: Решение НТС № 10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 05.09.2013.

27. Программа проведения исследований в подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ) на Нижнеканском массиве для подтверждения проектных параметров безопасности подземного захоронения РАО классов 1 и 2: Решение секции №1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС №10 Госкорпорации «Росатом» от 16.03.2016.
28. Безопасность захоронения РАО: Решение НТС №10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 13.12.2016. Приложение: Перечень первоочередных исследований по обоснованию долговременной безопасности и устранению замечаний экспертиз на 2017–2019 гг.
29. *Дорофеев А. Н., Большов Л. А., Линге И. И., Уткин С. С., Савельева Е. А.* Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности сооружения, эксплуатации и закрытия пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 32–41.
30. Рассмотрение базовых проектных и технических решений по подземной исследовательской лаборатории и пункту глубинного захоронения РАО (Нижнеканский массив): Решение совместного заседания НТС №5 «Замыкающая стадия ядерного топливного цикла» и НТС №10 «Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 27.10.2017. Утв. председателем НТС №5 Госкорпорации «Росатом» акад. РАН Б. Ф. Мясоедовым и председателем НТС №10 Госкорпорации «Росатом» акад. РАН Л. А. Большовым.
31. Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов. Утв. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачевым 28.04.2018.
32. Реализация «Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов»: Решение секции №1 НТС №10 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» Госкорпорации «Росатом» от 09.07.2018.
33. Облик ПИЛ, создаваемой в Нижнеканском массиве, и состав планируемых экспериментов, направленных на получение необходимых данных для обоснования долговременной безопасности ПГЗРО: Решение секции №1 НТС №10 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» Госкорпорации «Росатом» от 10.10.2018.
34. О программе работ по устранению замечаний Миссии МАГАТЭ по оценке соответствия российской технологии подземного захоронения ЖРО требованиям по безопасности МАГАТЭ и ходе работ по ее реализации: Решение НТС №10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 17.07.2014.
35. О соответствии создаваемого пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 класса (на базе хранилища ТРО НПК ФГУП «Радон») аналогичным уже построенным, в том числе за рубежом, с точки зрения эффективности и экологической безопасности: Решение секции №1 НТС №10 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» Госкорпорации «Росатом» от 25.05.2015.
36. Вопросы обоснования долгосрочной безопасности приповерхностных пунктов захоронения ТРО 3 и 4 классов: Решение секции №1 НТС №10 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» Госкорпорации «Росатом» от 12.04.2019.
37. О развитии программных комплексов геомиграционного и геофильтрационного моделирования: Решение НТС №10 «Экологическая, ядерная и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 29.10.2015.
38. Текущее состояние и стратегические потребности системы расчетных кодов для задач обоснования радиационной и экологической безопасности объектов ядерного наследия и пунктов захоронения радиоактивных отходов: Решение НТС №10 «Экология и радиационная безопасность» Госкорпорации «Росатом» от 24.10.2018.

Информация об авторах

Уткин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, заведующий отделением, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: uss@ibrae.ac.ru.

Дорогов Виктор Ильич, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: vid@ibrae.ac.ru.

Дорофеев Александр Николаевич, кандидат технических наук, руководитель проектного офиса «Формирование единой государственной системы обращения с РАО», Госкорпорация «Росатом» (119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

Библиографическое описание статьи

Уткин С. С., Дорогов В. И., Дорофеев А. Н. Захоронение РАО в России: анализ ключевых проблем обеспечения безопасности и форсирование их решения на научно-технических советах Госкорпорации «Росатом» // Радиоактивные отходы. 2020. № 2 (11). С. 36–55. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-2-36-55.

RW DISPOSAL IN RUSSIA: ANALYSIS OF KEY SAFETY ISSUES AND BOOSTING THEIR SOLUTION AT SCIENTIFIC AND TECHNICAL COUNCILS OF THE STATE CORPORATION “ROSATOM”

Utkin S. S.¹, Dorogov V. I.¹, Dorofeev A. N.²

¹Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²State Corporation “Rosatom”, Moscow, Russia

Article received on April 21, 2020

The article considers the results of the analysis of key problems and the formation of solutions to ensure the safety of RW disposal in Russia at the scientific and technical councils of the State Corporation “Rosatom” in 2009–2020 to ensure the safety of RW disposal in Russia.

Keywords: radioactive waste, safety, criteria system, strategy for creating a deep disposal point for RW, underground research laboratory, software package.

References

1. Dorofeev A. N. O khode rabot po razvitiyu normativno-pravovoy bazy v oblasti obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami [On the progress in the development of a regulatory framework in the field of radioactive waste management]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive waste*, 2019, no. 3 (8), pp. 6–13.
2. Federalnyy zakon ot 11.07.2011 no. 190-FZ «Ob obrashchenii s radioaktivnymi otkhodami i o vnesenii izmeneniy v otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii» [Federal Law of July 11, 2011 no. 190-FZ “On the Management of Radioactive Waste and on Introducing Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”].
3. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 20.03.2012 no. 384-r «Ob opredelenii natsional'nogo operatora po obrashcheniyu s radioaktivnymi otkhodami» [Order of the Government of the Russian Federation of March 20, 2012 no. 384-r “On the establishment of a national operator for radioactive waste management”].
4. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya sistemy obrashcheniya s RAO: Resheniye tematicheskoy sektsii no. 10 «Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'»
5. O programme sozdaniya yedinoy gosudarstvennoy sistemy obrashcheniya s RAO: Resheniye tematicheskoy sektsii no. 10 «Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» NTS Goskorporatsii «Rosatom» ot 03.06.2010 [On the program for the development of a unified state system for radioactive waste management: Decision of thematic section no. 10 “Nuclear and Radiation Safety” made by STC of the State Atomic Energy Corporation Rosatom on June 6, 2010].
6. Kryukov O. V., Khaperskaya A. V., Dorofeev A. N., Ferapontov A. V., Kudryavtsev E. G., Linge I. I., Utkin S. S., Dorogov V. I., Sharafutdinov R. B., Ponzov A. V., Vasilishin A. L. Vypolneniye obyazatel'stv Rossii v ramkakh Ob'yedinennoy konventsii o bezopasnosti obrashcheniya s otrabotavshim toplivom i o bezopasnosti obrashcheniya s radioaktivnymi

- otkhodami [Implementing obligations of Russia under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and the Safety of Radioactive Waste Management]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive Waste*, 2019, no. 1 (6), pp. 25–36.
7. Linge I. I., Dorogov V. I., Sharafutdinov R. B., Nepeypivo M. A., Khaperskaya A. V. Ob opyte predstavleniya Natsional'nykh dokladov Rossiyskoy Federatsii po vypolneniyu obyazatel'stv v ramkakh Ob'yedinennoy konventsii [On the experience of submitting National Reports of the Russian Federation on the implementation of obligations arising from the Joint Convention]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radiation Safety*, 2016, no. 1 (79), pp. 18–27.
8. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19.10.2012 g. no.1185 «Ob opredelenii poryadka i srokov sozdaniya YEGS RAO» [Resolution of the Government of the Russian Federation of October 19, 2012 no. 1185 "On the established procedure and timeframes for USS RW development"].
9. O voprosakh kriteriyev i klassifikatsii RAO: Resheniye sovmestnogo zasedaniya ot 29.02.2012 NTS no. 5 «Zamykayushchaya stadiya yadernogo toplivnogo tsikla» i NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii [On criteria and radioactive waste classification matters: Decision of a joint meeting held on February 29, 2012 by STC no. 5 "Final stage of nuclear fuel cycle" and STC no. 10 "Ecological, nuclear and radiation safety" of the State Atomic Energy Corporation ROSATOM. — Approved by the chairman of STC no. 5, Member of RAS Myasoedov B. F. and the chairman of the STC no. 10, Corr. Member of RAS Bolshov L. A.].
10. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 noyabrya 2012 g. no.1069 «O kriteriyakh otneseniya tverdykh, zhidkikh i gazoobraznykh otkhodov k radioaktivnym otkhodam, kriteriyakh otneseniya RAO k osobym radioaktivnym otkhodam i k udalyayemym radioaktivnym otkhodam i kriteriyakh klassifikatsii udalyayemykh RAO» [Resolution of the Government of the Russian Federation of November 19, 2012 no. 1069 "On criteria for classifying solid, liquid and gaseous waste as radioactive waste, criteria for RW assignment to the category of special (non-retrievable) and retrievable radioactive waste and classification criteria for retrievable RW"].
11. Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. «Kriterii priyemlemosti radioaktivnykh otkhodov dlya zakhroneniya» (NP-093-14): utverzhdeny prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 15.12.2014 no. 572. [Federal norms and rules in the field of atomic energy use. "Radioactive waste acceptance criteria for disposal" (NP-093-14): approved by the order of the Federal Service for Ecological, Technological and Atomic Supervision of December 15, 2014 no. 572].
12. Prakticheskoye primeneniye predpriyatiyami postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2012 g. no. 1069. Razrabotka obosnovaniy na osnove «Nauchno-tekhnicheskogo posobiya po podgotovke obosnovyvyayushchikh materialov dlya prinyatiya resheniya ob otneseni RAO k osobym RAO: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 11.04.2014. [Government Resolution of the Russian Federation no. 1069 of October 19, 2012: Practical application by enterprises. Development of justifications based on provisions of "Scientific and technical manual on the development of materials supporting the decision-making on radioactive waste assignment to the non-retrievable (special) radioactive waste category: Decision of section no. 1 "Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and RW disposal facilities" held by STC No. 10 of the State Corporation "Rosatom" on April 11, 2014].
13. Osnovnyye sanitarnyye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti. SP 2.6.1.2612-10 (OSPORB99/2010): utverzhdeny postanovleniyem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiyskoy Federatsii ot 26.04.2010 g. no. 40 (s izmeneniyami na 16.09.2013). [Basic sanitary rules for radiation safety. SP 2.6.1.2612-10 (OSPORB99/2010): approved by the Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on April 26, 2010 no. 40 (as amended on September 16, 2013)].
14. O vozmozhnosti i tselesoobraznosti korrektyrovki predel'nykh norm soderzhaniya al'fa-izluchayushchikh nuklidov v tverdykh RAO (kompleksa tsementirovaniya), opredelennykh postanovleniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19.10.2012 no.1069: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 28.04.2016 [On the possibility and reasonability of adjusting the regulatory limits on the content of alpha-emitting nuclides in solid radioactive waste (cementing complex) stipulated in the Government Resolution of the Russian Federation of October 19, 2012 no. 1069: Decision made by STC no. 10 "Ecological, nuclear and radiation safety" of the State Corporation Rosatom on April 28, 2016].
15. Aktual'nyye problemy obrashcheniya s VAO i SAO na FGUP «PO «Mayak» i FGUP «GKHK. Khod rabot po sozdaniyu PIL i PGZRO v Nizhnepanskoy massiv: Resheniye sovmestnogo zasedaniya NTS no.5 «Zamykayushchaya stadiya yadernogo toplivnogo tsikla» i NTS no. 10 «Ekologiya i

- radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 16.10.2019. — Utv. predsedatelem NTS no. 5 Goskorporatsii «Rosatom» akad. RAN B. F. Myasoyedovym i predsedatelem NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» akad. RAN L. A. Bol'shovym [Current challenges in the management of HLW and ILW at FSUE PA Mayak and FSUE MCC. Progress in the development of a URL and a deep geological disposal facility for RW in the Nizhnekanskiy rock mass: Decision of a joint meeting held by STC no. 5 “Final stage of nuclear fuel cycle” and STC no. 10 “Ecology and radiation safety” of the State Atomic Energy Corporation ROSATOM on October 16, 2019. — Approved by the Chairman of the STC no. 5 of the State Atomic Energy Corporation Rosatom, Member of RAS B. F. Myasoyedov and the Chairman of the STC no. 10 of the State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, Member of RAS L. A. Bolshov].
16. Ivanov E. A., Sharov D. A., Demyanenko M. V., Sharafutdinov R. B., Kuryndin A. V. O nekotorykh problemakh obrashcheniya s promyshlennymi otkhodami, sodержashchimi tekhnogennyye radionuklidy [On certain issues in the management of industrial waste containing technogenic radionuclides]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radiation Safety*, 2019, no. 3 (93), pp. 3—13.
17. Abramov A. A., Bolshov L. A., Gavrilov P. M., Dorofeev A. N., Igin I. M., Linge I. I., Mokrov Yu. G., Pechkurov A. V., Utkin S. S. Ob ideyakh rasshireniya sistemy obrashcheniya s RAO na promyshlennyye otkhody, sodержashchiye tekhnogennyye radionuklidy [About the ideas on expanding the radioactive waste management system to embrace industrial waste containing technogenic radionuclides]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive waste*, 2019, no. 4 (9), pp. 6—13.
18. Razvitiye normativnoy bazy po radiatsionnoy bezopasnosti: Resheniye NTS no. 10 «Ekologiya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 17.12.2019. [Development of a regulatory framework for radiation safety: Decision of STC no. 10 “Ecology and Radiation Safety” of the State Atomic Energy Corporation Rosatom of December 17, 2019].
19. Dorogov V. I. K obsuzhdeniyu vneseniya izmeneniy v klyuchevyye normativnyye dokumenty po obrashcheniyu s RAO [To the discussion on introducing certain amendments to key regulations in radioactive waste management]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive waste*, 2020, no. 1 (10), pp. 113—114.
20. O provedenii pervichnoy registratsii radioaktivnykh otkhodov: Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 25.07.2012 no. 767 [On the primary registration of radioactive waste: Government Resolution of the Russian Federation of July 25, 2012 no. 767] *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federatsii — Laws of the Russian Federation*, 2012, no. 32, Art. 4554.
21. Linge I. I., Savkin M. N., Abalkina I. L. et al. *Razvitiye podkhodov k obosnovaniyu otneseniya RAO k osobym RAO [Development of approaches to the justification of RW assignment to special RW category]*. IBRAE Preprint No. IBRAE-2014-04. Moscow, Nuclear Safety Institute of RAS Publ., 2014. 29 p.
22. Abalkina I. L., Barchukov V. G., Bochkarev V. V., Vedernikova M. V., Dorogov V. I., Kochetkov O. A., Kryshev I. I., Linge I. I., Panchenko S. V., Savkin M. N., Utkin S. S. *Nauchno-tekhnicheskoye posobiye po podgotovke obosnovyvyayushchikh materialov dlya prinyatiya resheniya ob otneseni radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam [Scientific and technical manual on the development of substantiating materials for decision-making on radioactive waste assignment to the category of special radioactive waste]*. Version 2.0. Moscow, 2014.
23. Abramov A. A., Savkin M. N., Vedernikova M. V., Linge I. I., Utkin S. S., Dorogov V. I., Kryshev I. I., Barchukov V. G., Kochetkov O. A., Kuryndina L. A. Metodicheskiye podkhody k obosnovaniyu otneseniya RAO k osobym RAO [Methodological approaches supporting the decision making on waste assignment to the category of special RW] In the book: *Osobyie radioaktivnyye otkhody [Special Radioactive Waste]*. Abramov A.A., Dorofeev A.N., Tyazhkorob Zh. V. et al. Moscow, 2015. Pp. 106—146.
24. O rabote po primeneniyu v organizatsiyakh otrasli «Nauchno-tekhnicheskogo posobiya po podgotovke obosnovyvyayushchikh materialov dlya prinyatiya resheniya ob otneseni radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam. Versiya 2.0: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 26.05.2015. [On practical application of the Scientific and Technical Manual on the Development of Substantiating Materials Supporting the Decision-Making on Radioactive Waste Assignment to the Special Radioactive Waste Category” by organizations. Version 2.0: Decision of section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for radioactive waste” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” of May 26, 2015].
25. Rezul'taty rabot po inventarizatsii YAROO i pervichnoy registratsii RAO, vklyuchaya otsenku snizheniya riska v rezul'tate realizatsii FTSP YARB: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» ot 08.07.2015 [Inventory taking of nuclear and radiation hazardous facilities and primary RW registration: results of practical efforts including the assessment of risk reduction

due to FTP NRS implementation: Decision of STC no. 10 “Ecological, nuclear and radiation safety” of July 8, 2015].

26. O khode proyektirovaniya i osnovnykh proyektnykh resheniyakh po sooruzheniyu punkta glubinnogo zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov v gornykh porodakh Nizhnekanskogo massiva: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 05.09.2013 [On the design progress and basic design decisions for the construction of a deep radioactive waste disposal facility in the of the Nizhnekanskiy rock mass: Decision of STC no. 10 “Ecological, nuclear and radiation safety” of the State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, September 5, 2013].

27. Programma provedeniya issledovaniy v podzemnoy issledovatel'skoy laboratorii (PIL) na Nizhnekanskom massive dlya podtverzhdeniya proyektnykh parametrov bezopasnosti podzemnogo zakhroneniya RAO klassov 1 i 2: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 16.03.2016 [R&D program in the Nizhnekansk rock mass underground research laboratory (URL) to confirm the design parameters for the safe underground disposal of class 1 and 2 RW: Decision of section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for radioactive waste” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” on March 16, 2016].

28. Bezopasnost' zakhroneniya RAO: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 13.12.2016. Prilozheniye: Perechen' pervoocherednykh issledovaniy po obosnovaniyu dolgovremennoy bezopasnosti i ustraneniyu zamechaniy ekspertiz na 2017–2019 gg. [Safety of RW disposal: Decision of STC no. 10 “Ecological, nuclear and radiation safety” of the State Atomic Energy Corporation “Rosatom” of December 13, 2016. Appendix: List of priority studies on long-term safety demonstration and on addressing the expert comments in 2017–2019].

29. Dorofeev A. N., Bolshov L. A., Linge I. I., Utkin S. S., Savelyeva E. A. Strategicheskii master-plan issledovaniy v obosnovaniye bezopasnosti sooruzheniya, ekspluatatsii i zakrytiya punkta glubinnogo zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov [Strategic master plan for research demonstrating the safety of deep radioactive waste disposal facility construction, operation and closure]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 32–41.

30. Rassmotreniye bazovykh proyektnykh i tekhnicheskikh resheniy po podzemnoy issledovatel'skoy laboratorii i punktu glubinnogo zakhroneniya RAO

(Nizhnekanskiy massiv): Resheniye sovmevnogo zasedaniya NTS no. 5 «Zamykayushchaya stadiya yadernogo toplivnogo tsikla» i NTS no. 10 «Ekologiya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 27.10.2017. — Utv. predsedatelem NTS no. 5 Goskorporatsii «Rosatom» akad. RAN B. F. Myasoyedovym i predsedatelem NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» akad. RAN L. A. Bol'shovym [Overview of basic design and technical solutions for an underground research laboratory and RW deep disposal facility (Nizhnekanskiy Massif): Decision of a joint meeting held by STC no. 5 “Final stage of the nuclear fuel cycle” and STC no. 10 “Ecology and Radiation Safety” of “Rosatom” State Corporation of October 27, 2017. — Approved by the Chairman of STC no. 5 of the State Atomic Energy Corporation Rosatom, Member of RAS B. F. Myasoedov and Chairman of the STC no. 10 of the State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, Member of RAS L. A. Bolshov].

31. Strategii sozdaniya punkta glubinnogo zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov. Utv. general'nym direktorom Goskorporatsii «Rosatom» A. Ye. Likhachevym 28.04.2018 [Strategies for the development of deep radioactive waste disposal facilities. Approved by Director General of the State Corporation “Rosatom” A. E. Likhachev on April 28, 2018].

32. Realizatsiya «Strategii sozdaniya punkta glubinnogo zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov»: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 9.07.2018. [Implementation of the “Strategy for the development of a deep radioactive waste disposal facility”: Decision of Section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for radioactive waste” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” on July 9, 2018].

33. Oblik PIL, sozdavayemoy v Nizhnekanskom massive, i sostav planiruyemykh eksperimentov, napravlenykh na polucheniye neobkhodimykh dannykh dlya obosnovaniya dolgovremennoy bezopasnosti PGZRO: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 10.10.2018 [Conceptual designs of the URL developed in the Nizhnekanskiy rock mass and R&Ds planned to obtain the data required to demonstrate the long-term safety of the deep disposal facility: Decision of section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for RW” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” on October 10, 2018].

34. O programme rabot po ustraneniyu zamechaniy Missii MAGATE po otsenke sootvetstviya rossiyskoy

tehnologii podzemnogo zakhoroneniya ZHRO trebovaniyam po bezopasnosti MAGATE i khode rabot po yeyo realizatsii: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 17.07.2014 [On the work program addressing the comments of the IAEA Peer Review Mission on the compliance of the Russian underground LRW injection technology with IAEA safety requirements and the progress in its implementation: Decision of STC no. 10 “Ecological, Nuclear and Radiation Safety” of the State Atomic Energy Corporation “Rosatom” of July 17, 2014].

35. O sootvetstvii sozdavayemogo punkta zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov 3 i 4 klassa (na baze khranilishcha TRO NPK FGUP «Radon») analogichnym uzhe postroyennym, v tom chisle za rubezhom, s tochki zreniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhoroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 25.05.2015 [On the conformity of the developed disposal facility for RW class 3 and 4 (on the basis of a SRW storage facility run by SPC FSUE Radon) with already constructed ones, including those constructed abroad, in terms of its efficiency and environmental safety: Decision of section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for RW ” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” on May 25, 2015].

36. Voprosy obosnovaniya dolgosrochnoy bezopasnosti pripoverkhnostnykh punktov zakhoroneniya

TRO 3 i 4 klassov: Resheniye seksii no. 1 «Ekologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo khraneniya, konservatsii i zakhoroneniya RAO» NTS no. 10 Goskorporatsii «Rosatom» ot 12.04.2019 [On long-term safety demonstration for SRW class 3 and 4 near-surface disposal facilities: Decision of section no. 1 “Ecological and radiation safety of long-term storage, conservation and disposal facilities for radioactive waste” held by STC no. 10 of the State Corporation “Rosatom” on April 12, 2019].

37. O razvitii programmnykh kompleksov geomigratsionnogo i geofil'tratsionnogo modelirovaniya: Resheniye NTS no. 10 «Ekologicheskaya, yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 29.10.2015 [On the development of software systems simulating geomigration and geofiltration processes: Decision of STC no. 10 “Ecological, nuclear and radiation safety” of the State Atomic Energy Corporation ROSATOM of October 29, 2015].

38. Tekushcheye sostoyaniye i strategicheskiye potrebnosti sistemy raschetnykh kodov dlya zadach obosnovaniya radiatsionnoy i ekologicheskoy bezopasnosti ob"yektov yadernogo naslediya i punktov zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov: Resheniye NTS no. 10 «Ekologiya i radiatsionnaya bezopasnost'» Goskorporatsii «Rosatom» ot 24.10.2018 [Current status and strategic needs for the software code system addressing the tasks of radiation and environmental safety demonstration for nuclear legacy facilities and radioactive waste disposal facilities: Decision of STC No. 10 “Ecology and Radiation Safety” of the State Atomic Energy Corporation Rosatom of October 24, 2018].

Information about the authors

Utkin Sergey Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Head of Department, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая St., Moscow, 115191, Russia), e-mail: uss@ibrae.ac.ru.

Dorogov Viktor Ilyich, PhD, Head of Office, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulsкая St., Moscow, 115191, Russia), e-mail: vid@ibrae.ac.ru.

Dorofeev Aleksandr Nikolaevich, PhD, Head of the Project Office on the Development of a Unified Radioactive Waste Management System, State Corporation “Rosatom” (24, Bolshaya Ordynka St., Moscow, 119017, Russia), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

Bibliographic description

Utkin S. S., Dorogov V. I., Dorofeev A. N. RW Disposal in Russia: Analysis of Key Safety Issues and Boosting their Solution at Scientific and Technical Councils of the State Corporation “Rosatom”. *Radioactive Waste*, 2020, no 2 (11), pp. 36–55. (In Russian). DOI: 10.25283/2587-9707-2020-2-36-55.