

ОБ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ ЕГС РАО

В. В. Тинин, А. А. Абрамов, А. Н. Дорофеев

Госкорпорация «Росатом», Москва

Статья поступила в редакцию 18 октября 2023 г.

В статье рассмотрены актуальные вопросы дальнейшего развития Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (ЕГС РАО) с учетом накопленного опыта применения норм Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и реализации положений «Стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года». Сформулированы задачи по основным направлениям развития ЕГС РАО на ближайшие годы и долгосрочный период.

Ключевые слова: радиоактивные отходы (РАО), захоронение РАО, обращение с РАО, нормативно-правовое регулирование, критерии отнесения к особым и удаляемым РАО, критерии классификации удаляемых РАО; вывод из эксплуатации, Единая государственная система обращения с РАО; федеральная целевая программа.

Введение

Вступление в силу базового закона об обращении с радиоактивными отходами [1] (далее — Закон о РАО) стало заключительным аккордом в серии постановлений и указов Президента РФ, обеспечивших глубокую структурную реформу и развитие атомной отрасли России. Для рассматриваемой темы важно, что изменения затронули такие сферы, как право собственности на ядерные материалы и установки, пункты хранения РАО, включая пункты захоронения, а следовательно, обязательства и ответственность в отношении значимой части таких материалов, установок объектов ядерного топливного цикла (ОЯТЦ), образующихся и накопленных отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и РАО, а также завершающих стадий жизненного цикла. Данным законом была определена и модель ЕГС РАО. Сегодня можно уверенно утверждать, что она стала универсальной, применимой и для других видов отходов, а также была использована для учреждения федерального экологического

оператора, ответственного за обращение с отходами 1-го и 2-го классов опасности.

Первые этапы построения ЕГС РАО реализовывались на фоне начала регулярной работы с историческими объектами ядерного наследия [2] в основном путем формирования в чрезвычайно сжатые сроки новой организационной и нормативной базы обращения с РАО. Был успешно подготовлен комплекс мероприятий по первичной регистрации РАО и мест их размещения, создан Национальный оператор по обращению с РАО (далее — Национальный оператор), установлены тарифы на захоронение отходов. Масштаб и глубина произошедших изменений были беспрецедентны. Впервые в стране стало осуществляться прогнозирование объемов образования РАО, а запуск системы отчислений на оплату захоронения уже в первые годы обеспечил их существенное снижение. Были введены в эксплуатацию новые мощности по переработке и кондиционированию РАО, начато их захоронение на первом

объекте в районе г. Новоуральск. С другой стороны, выявились узкие места как в нормативном обеспечении, так и в практиках обращения с РАО [3], [4]. Приходилось не только совершенствовать новую систему отношений в этой области, но и преодолевать инерцию старой.

Важной особенностью первых лет функционирования ЕГС РАО являлась ее адаптация к действительности при отсутствии актуализированной долгосрочной концепции развития отрасли. Ситуация изменилась в связи с разработкой «Стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года» [5], а затем и ее актуализацией в 2022 году. Принципиальные вопросы практической реализации масштабного замыкания ядерного топливного цикла (ЯТЦ) сконцентрировались на формировании методик переработки ОЯТ, совершенствовании реакторных технологий, направленных на использование новых типов регенерированного ядерного топлива, включая технологии дожигания и трансмутации наиболее радиологически опасных радионуклидов. При этом требования к характеристикам продуктов переработки, в том числе РАО, приобрели ключевое значение.

Эти новые обстоятельства стратегического характера и более чем 10-летний опыт динамичного развития ЕГС РАО нуждаются в фиксации основных достижений, извлечении уроков и формулировании актуальных задач на будущее. Необходимо широкий взгляд на проблематику обращения с РАО в плане сопряженности с общими трендами развития ядерной энергетики и работами по объектам ядерного наследия в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года» (далее — ФЦП ЯРБ-2). Выявились проблемные моменты, связанные с остановленными объектами, в отношении которых вопросы обращения с РАО, в том числе их первичной регистрации, ранее не рассматривались. Необходима постановка стратегических целей и одновременно расшивка ряда точечных, но важных для функционирования ЕГС РАО текущих проблем. Приоритет должен отдаваться экономически эффективному и безопасному обращению с РАО как в масштабах отрасли, так и на уровне эксплуатирующих организаций и отдельных проектов.

Комплексное планирование инфраструктуры обращения с РАО

Мировой [6], а теперь уже и наш опыт показал, что создание объектов захоронения РАО требует больших сроков, это связано и с

необходимостью решения задач по их размещению, а для объектов глубинного (геологического) захоронения — и с кропотливостью процедур исследования площадки и обоснования безопасности. Для приповерхностных пунктов захоронения РАО (ППЗРО) временной период полного цикла работ может составить десять и более лет, а для глубинного пункта захоронения РАО (ПГЗРО) — не менее 20 лет. В этой связи вопросы долгосрочного планирования развития инфраструктуры захоронения приобретают особую актуальность.

Эксплуатационные РАО. Образование эксплуатационных РАО в разрезе групп предприятий составляет в годовом исчислении: атомная энергетика — 7,2 тыс. м³; производство топлива и изотопной продукции — 7,4 тыс. м³; добыча урана и переработка урановых руд — 0,7 млн м³; переработка ОЯТ — ~60 м³ остеклованных ВАО. В среднесрочной и долгосрочной перспективах должны произойти следующие изменения:

- снижение объемов образования эксплуатационных РАО на АЭС вследствие прекращения эксплуатации реакторов РБМК-1000 и расширения парка современных АЭС с реакторами ВВЭР-1200. В Концерне «Росэнергоатом» разработана программа НИОКР, направленная на амбициозную цель по сокращению образования РАО на энергоблоке ВВЭР-1200 до 45 м³/год, приведенных к критериям приемлемости, успешная реализация которой позволит выйти на технологический уровень обращения с отходами, отвечающий требованиям лучших мировых практик;
- сохранение объемов образования РАО на предприятиях по производству ядерного топлива и, возможно, при добыче урановых руд;
- ожидается значительное увеличение образования отходов от переработки ОЯТ в связи с запуском новых мощностей.

РАО от вывода из эксплуатации (ВЭ). Текущий прогноз образования РАО от ВЭ составляет ~3,0 тыс. м³ в год. Предполагается, что в течение нескольких десятилетий этот поток значительно возрастет и будет сохраняться на протяжении достаточно длительного времени. Объем и характеристики РАО в данном случае будут зависеть, в частности, и от выбранного сценария проведения работ, включая технологическую и научную обоснованность принятых решений по ВЭ.

Накопленные РАО. В настоящее время из накопленных РАО к удаляемому отнесено ~700 тыс. м³. При этом ежегодно извлекается, перерабатывается, кондиционируется и удаляется с промышленных площадок (в основном АЭС) около 5 тыс. м³ упаковок РАО. Имеются предпосылки к

увеличению таких объемов в разы. Их удаление с площадок должно выполняться сбалансированно, с учетом готовности инфраструктуры по обращению с ними.

На решение этой задачи направлен «Комплексный план мероприятий по созданию инфраструктуры обращения с РАО, в том числе их баланса, минимум до 2050 года», который был утвержден в ноябре 2022 г. [7]. Объемы прогнозируемых потоков РАО должны быть учтены при разработке дорожной карты создания пунктов захоронения с горизонтом планирования до 2050 года.

Комплексным планом предусмотрена реализация следующих основных мероприятий со сроком исполнения в 2023–2024 гг.:

- анализ объемов образования РАО по классам при ВЭ ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО) и переработке ОЯТ;
- уточнение характеристик и объемов наработки, технологий и требований к кондиционированию РАО, образующихся при ОЯТ как накопленного, так и вновь образующегося;
- прогнозирование объемов образования РАО для организаций, эксплуатирующих ЯРОО, с учетом отходов от ВЭ ЯРОО;
- актуализация объемов образования РАО по классам при ВЭ ЯРОО по результатам проведения КИРО;
- технико-экономический анализ финансового обеспечения работ по обращению и захоронению РАО, образующихся при ВЭ ЯРОО, и мощностей по обращению с РАО, возникающих при ВЭ и при переработке ОЯТ.

По итогам выполнения мероприятий должна быть разработана дорожная карта создания инфраструктуры по обращению с РАО по классам от ВЭ ЯРОО и переработки ОЯТ (2024–2025 гг.), в соответствии с которой будут созданы необходимые мощности по извлечению, временному хранению, переработке, приведению к критериям приемлемости, а также паспортизации удаляемых РАО.

Новый сильный импульс к реализации стратегических подходов дали состоявшиеся в июне 2023 года специальный научно-технический совет Госкорпорации «Росатом» и стратегическая сессия по развитию радиохимических технологий, прошедшая с участием генерального директора Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачева. По их итогам был подготовлен приказ о формировании рабочей группы по разработке перечня первоочередных общепромышленных НИОКР по радиохимическому направлению, который должен быть подготовлен уже в 2023 году. Выполнение данных работ позволит существенно уточнить

облик и параметры намечаемых к развертыванию радиохимических производств и, что принципиально важно для рассматриваемой проблемы, данные по образованию РАО классов 1 и 2.

Таким образом, начата реализация комплекса мер, направленных на то, чтобы принятая Стратегия развития ядерной энергетики России обеспечивалась необходимым формированием технологий замкнутого ЯТЦ с реакторами на быстрых и тепловых нейтронах. Предполагается, что основные технологические развилки в данной области будут пройдены в ближайшие 10 лет. Вопрос о скорости развертывания двухкомпонентной ядерной энергетики в определенной мере открыт, но есть некоторые вехи, которые могут быть использованы для синхронизации планов по созданию соответствующих производств и объектов захоронения РАО. Среди них: пуск быстрого реактора, требующего большого количества плутония, сооружение и ввод в эксплуатацию подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ) для обеспечения обоснования безопасности глубинного захоронения высокоактивных РАО, реализация проектов «Прорыв» и «Сбалансированный ОЯТЦ», развитие фабрикации топлива, ввод в эксплуатацию ОДЦ ФГУП «ГХК».

Переход к новым реакторным технологиям будет происходить постепенно в течение нескольких десятилетий, однако в современных условиях создание инфраструктурных объектов, прежде всего пунктов захоронения, — это длительный процесс, обусловленный жесткими требованиями безопасности. По этой причине соответствующие задачи необходимо ставить и решать упреждающе, с учетом как имеющихся неопределенностей, так и рисков запаздывания в получении требуемых результатов. Вопрос о приоритетности развития реакторных технологий и технологий замыкания в целом решен — требуется глубокая синхронизация.

Важно понимание роли и возможностей основных участников ЕГС РАО в этом процессе. Эксплуатирующие организации, в результате деятельности которых образуются РАО, заинтересованы в минимизации стоимости их захоронения, именно стоимости, а не объемов РАО, как иногда упрощенно трактуется. Понятно, что в зоне их ответственности заказ на разработку новых технологий и установок для переработки и различного рода услуг по обращению с РАО, в том числе по поставкам контейнеров и транспортированию. Национальный оператор должен прогнозировать потребности в захоронении РАО различных типов и предпринимать меры для своевременного их удовлетворения.

Госкорпорация «Росатом» как орган государственного управления в области обращения с РАО (далее — орган управления) должна формировать условия для эффективной работы Национального оператора, включая финансирование программы его развития, и контролировать процесс расширения инфраструктуры. Это общее правило, которое должно реализовываться в подавляющем большинстве случаев обращения с РАО. Есть некоторые исключения, которые в основном касаются работ по накопленным РАО, в том числе удаляемым и особым, а также по ВЭ и переработке находящегося в федеральной собственности ОЯТ. В этих случаях вся полнота ответственности за планирование и реализацию эффективного обращения с РАО за счет средств федерального бюджета, а также внебюджетного финансирования лежит на органе управления.

Отметим также, что именно Национальный оператор ведет систему государственного учета и контроля радиоактивных веществ (РВ) и РАО (СГУК РВ И РАО), у которой два фундаментальных предназначения: обеспечение сохранности объектов государственного учета и контроля и информационная поддержка управленческих решений по вопросам обращения с РВ и РАО для обеспечения безопасности при использовании атомной энергии. За последнее время Госкорпорацией «Росатом» предприняты серьезные меры для модернизации данной ИТ-системы. Усилия в этом направлении будут продолжены с тем, чтобы она стала одним из реальных и эффективных инструментов обеспечения функционирования ЕГС РАО.

За настройку, в том числе нормативно-правовую, функционирования всей системы взаимодействий и общую синхронизацию работ также несет ответственность орган управления. Исходя из этой логики, рассмотрим состояние дел и перспективы развития в этих зонах.

Создание системы захоронения РАО

Философия Закона о РАО [1] базируется на современных взглядах и требованиях безопасности, установленных в документах МАГАТЭ и МКРЗ [8], [9] и рассматривающих захоронение в качестве заключительного этапа обращения с РАО, который обеспечивает безопасность для человека и окружающей среды. Поэтапное создание системы захоронения является основной задачей ЕГС РАО. По сути, эта система создавалась с чистого листа и сегодня ставятся задачи ее развития по отдельным направлениям с учетом накопленного опыта, существующих и будущих потребностей.

Первым практическим достижением стало введение в эксплуатацию 1-й (2016 г.) и 2-й (2021 г.) очередей ППЗРО в районе размещения АО «УЭХК» (Свердловская область, отделение «Новоуральское» филиала «Северский» ФГУП «НО РАО») общей проектной мощностью 55 000 м³. На сегодняшний день получены лицензии Ростехнадзора на размещение и сооружение ППЗРО в районе ФГУП «ПО «Маяк» (Озерский городской округ, Челябинская область) и в районе АО «СХК» (ЗАТО Северск, Томская область), начато их строительство, ввод в эксплуатацию намечен на 2025 год. Это увеличит общую проектную емкость ППЗРО к 2030 году до 407 000 м³. Предполагается, что данный объем мощностей позволит покрыть основные потребности в захоронении РАО 3-го и 4-го классов, включая эксплуатационные и удаляемые и отходы от ВЭ, что даст на период 10—15 лет временной ресурс для создания новых ППЗРО.

Строительство пункта глубинного захоронения РАО является длительным процессом, через который проходят все страны, имеющие планы сооружения таких объектов. Обоснование их безопасности — это мультидисциплинарная задача, которая решается путем систематического анализа всех возможных событий и процессов, влияющих на характеристики системы захоронения [10]. Ее решение в конечном итоге направлено на доказательную демонстрацию радиационной и экологической безопасности ППЗРО для нынешнего и будущих поколений.

В 2023 году вышла в свет монография [11], детально характеризующая процедуру выбора участка «Енисейский» в районе г. Железногорска. Можно констатировать, что мы идем путем, соответствующим мировым подходам при создании пунктов глубинного захоронения РАО, тщательно осмысливая наши потребности и изучая опыт других стран.

В 2016 году была получена лицензия на строительство ПИЛ. Исследование геологического строения участка для размещения ППЗРО и процессов взаимодействия элементов конструкции объекта с материалами вмещающей среды в данной лаборатории позволит получить надежные данные для обоснования безопасности. В ходе сооружения ПИЛ также решаются вопросы отработки технических вопросов строительства ППЗРО и его эксплуатации.

В 2018 году утверждена «Стратегия создания пункта глубинного захоронения РАО» [12]. Ее реализация предполагает выполнение работ последовательными фазами, продолжительность которых может варьироваться в зависимости от факторов геологического, гидрологического,

инфраструктурного и иного характера. Стратегией определены следующие фазы и их продолжительность: подготовительные работы по строительству ПИЛ (до 5 лет); сооружение демонстрационного центра и его основных сооружений (до 5 лет); эксплуатация и развитие лаборатории (от 5 лет и более); принятие решения о возможности создания ПГЗРО, лицензирование, реализация мероприятий по сооружению его 1-й очереди (от 5 лет и более); эксплуатация первой очереди пункта захоронения и ПИЛ (от 20 лет и более); закрытие первой очереди ПГЗРО (от 5 лет и более). Ключевым вопросом в решении проблемы захоронения долгоживущих РАО является обоснование безопасности ПГЗРО на значительные периоды времени. Комплексная программа НИОКР в обоснование долгосрочной безопасности захоронения РАО и оптимизации его эксплуатационных параметров, разработанная в 2019 году, успешно реализуется. Координацию мероприятий осуществляет ИБРАЭ РАН, который был определен научным руководителем работ. В 2020 году институтом был создан специальный филиал в г. Железногорске, сотрудники которого непосредственно проводят исследования на площадке и совместно с филиалом ФГУП «НО РАО» обеспечивают выполнение полевых работ специалистами многих организаций (ИГЕМ РАН, ГЦ РАН, СПБО ИГЭ РАН, ИФХЭ РАН, Сколтех, МГУ, АО «Красноярскгеология», АО «Ленметрогипротранс», АО «ГЕЯ» и др.). В этом же году был определен облик ПИЛ [13].

Значимым этапом в развитии геологического изучения недр участка «Енисейский» является получение в 2023 г. положительного заключения Росгеолэкспертизы на создаваемый в течение 4 лет проект геологоразведочных работ изыскательской стадии и старт реализации соответствующих исследований по максимально тщательному изучению площадки и зоны потенциального влияния ПГЗРО. Его отсутствие вплоть до последнего времени принципиальным образом ограничивало возможность начала комплексного доизучения важных характеристик площадки.

В то же время ФГУП «НО РАО» получил дополнительную лицензию на проведение исследовательских работ за пределами участка потенциального размещения ПГЗРО. До недавнего времени территория, разрешенная для изучения, ограничивалась лишь непосредственно площадкой ведения строительных работ в 1,75 км², что вполне традиционно для практики добычи полезных ископаемых, но мало пригодно при сооружении пункта захоронения РАО. Подобное

одновременное соблюдение требований систем регулирования в области недропользования и применения атомной энергии представляло отдельный вызов, поскольку это был фактически первый такой опыт для крупномасштабных проектов.

В 2023 году началось сооружение первого элемента подгорной части ПИЛ — вертикального ствола. Методически подготовлено и используется его геологическое документирование. Реализована комплексная система мониторинга, обеспечивающая учет изменения состояния массива в результате ведения горнопроходческих работ и внешних воздействий природного и техногенного происхождения. Программа мониторинга состояния недр разрабатывалась в течение двух лет и в 2023 году была согласована Департаментом по недропользованию по Сибирскому федеральному округу. В итоге на участке и в районе размещения ПИЛ в настоящее время ведется регулярное наблюдение за геодинамическими, сейсмологическими, гидрологическими, гидрогеологическими, геохимическими и метеорологическими условиями.

Стратегией [12] предусмотрены работы и по характеристике подлежащих захоронению РАО. Здесь тоже достигнут важный результат. В 2023 году на ФГУП «ПО «Маяк» впервые был проведен отбор проб накопленных остеклованных высокоактивных радиоактивных отходов (ВАО). Успешность данного события определили создание, отладка на заводе РТ-1 и апробация уникального оборудования для отбора кернов (разработчик — АО НПФ «Сосны»). Получены 3 керна алюмофосфатного стекла, которое находится в кондиционном состоянии. Они будут разделены на пробы для определения содержания наиболее значимых для оценки долговременной безопасности радионуклидов (¹²⁹I, ³⁶Cl, ¹⁴C, ⁷⁹Se и др.) и исследования химических и физико-механических свойств (химическая устойчивость, прочность, однородность состава и пр.) стекла. Подготовка образцов будет проводиться в АО «ИРМ». Для изучения их свойств специалистами ФГУП «ПО «Маяк», ИБРАЭ РАН и АО «ИРМ» разработано более 20 методик измерений. Полный объем работ по анализу проб планируется завершить к 2024 году.

Об эксплуатации пунктов захоронения ЖРО. Тема применения технологий захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в глубоководных пластах-коллекторах достаточно остро обсуждалась при рассмотрении статьи 30 Закона о РАО [1] и на международной арене [14] — в ходе процедур Объединенной

конвенции [15], в рамках которой этот вопрос регулярно остается одним из основных [16]. Следствием такой дискуссии стали проведение международной экспертной оценки технологии удаления ЖРО в глубокозалегающие пласты-коллекторы (Миссия МАГАТЭ) [17] и создание плана подготовки к завершению глубинной закачки полигонов их захоронения [18]. Впереди стоят задачи проведения необходимых работ по достижению долгосрочной безопасности объектов [19], развитию обеспечивающей инфраструктуры, подготовке к завершению и прекращению глубинной закачки ЖРО в геологические пласты-коллекторы, закрытие пункта их глубинного захоронения. Важно, что нам удалось сохранить эти объекты, но вопрос об окончании их эксплуатации и последующем закрытии остается актуальным.

О других задачах. На этапе разработки Закона о РАО и в первое время после его принятия были более оптимистичные прогнозы относительно сооружения некоторых пунктов захоронения. Например, нами детально изучался зарубежный опыт их сооружения для очень низкоактивных радиоактивных отходов (ОНРАО), которые образуются при эксплуатации ОИАЭ. Предполагалось, что организациям будет выгодно создавать такие объекты, которые бы существенно упростили логистику и снизили общую стоимость обращения с РАО. Создание пунктов захоронения ОНРАО на площадках организаций предусмотрено ст. 27 Закона о РАО, но на практике эта норма не применялась в силу непроработанности ряда аспектов нормативно-правового характера, в том числе относительно прав собственности, передачи этих прав после их закрытия и последующего радиационного контроля. Создание объектов для захоронения ОНРАО ранее не планировалось и не предусматривалось в инвестиционной программе Национального оператора. Пути решения этой проблемы должны быть определены в ходе реализации мероприятий, предусмотренных Комплексным планом.

Медленнее, чем изначально предполагалось, решаются вопросы размещения ППЗРО в отдельных субъектах Российской Федерации. Отчасти это связано с решением вопросов социального характера и отчасти с необходимостью глубокой проработки технических решений. Речь идет прежде всего о ППЗРО в европейской части страны, а также в районе Билибинской АЭС (целесообразность его создания будет определена до 2025 г. с учетом сравнительного анализа затрат на транспортировку РАО, долгосрочный радиационный мониторинг и пр.).

На ближайшие годы приоритетные мероприятия по созданию системы захоронения включают:

- продолжение работ по созданию ППЗРО в Челябинской, Томской, Ульяновской, Московской областях и подземной лаборатории в Красноярском крае (в соответствии с ФЦП ЯРБ-2);
- проработку вопроса создания пункта захоронения РАО в районе Билибинской АЭС;
- оценку необходимости корректировки проектов ППЗРО, находящихся на стадии размещения и сооружения, срок — 2023 г.;
- анализ целесообразности внесения поправок в критерии приемлемости РАО для захоронения в конкретных ПЗРО и их изменение (при необходимости), срок — 2023 г.;
- разработку дорожной карты сокращения объемов образования ЖРО и их захоронения в пунктах глубинного захоронения, срок — 2023 г.;
- технико-экономический анализ и обоснование необходимости создания пунктов захоронения ОНРАО на площадках организаций, срок — 2024 г.;
- разработку дорожной карты создания пунктов захоронения ОНРАО на площадках ЯРОО, срок — 2024 г.

Необходимо интенсифицировать работы по формированию долгосрочного плана развития системы захоронения, в котором должны отразиться мероприятия по развитию проекта ППЗРО в Красноярском крае и специализированных ППЗРО для отдельных видов РАО, в том числе реакторного графита и продуктов фракционирования от переработки ОЯТ, крупногабаритных от вывода из эксплуатации, отработавших закрытых радиоактивных источников (ОЗРИ). Важной задачей органа управления в этом процессе является создание условий для формирования эффективных финансовых, проектных, технологических и конструкторских решений по захоронению РАО и их последующего тиражирования.

Нормативно-правовая база

Совершенствование правовых основ деятельности по обращению с РАО является не разовой, а постоянной задачей. Уже в 2017 году были поставлены вопросы по актуализации новой нормативно-правовой базы, сформированной в основном в 2011—2013 годах [3], [4]. Их принцип — набор новых правоприменительных практик, который показал, что в ряде случаев создаваемые нормы и правила не идеальны.

За прошедшие годы многое сделано. Так, в 2022 году завершена более чем трехлетняя работа

по подготовке изменений базовых критериев по отнесению отходов к радиоактивным, к особым и удаляемым, классификации их для захоронения, установленных постановлением Правительства России № 1069 [20]. В решении этого вопроса следует отметить ведущую роль специалистов НТЦ ЯРБ и ИБРАЭ РАН. Эта реформа дает значительный потенциал для оптимизации деятельности по захоронению РАО, в том числе сокращения затрат, связанных с этим [21]. Для адаптации организаций отрасли к обновленным критериям предстоит выполнить серьезную работу, включая создание методических указаний Госкорпорации «Росатом», внесение поправок во многие нормативные документы Ростехнадзора, пересмотр (в рамках эксплуатационной документации) предусмотренных проектами ППЗРО критериев приемлемости, прогнозы образования эксплуатационных РАО, инвестиционную и производственную программы Национального оператора, тарифы на захоронение РАО.

Более сложной является задача внесения изменений в Закон о РАО, впервые заявленная в публикации [4]. Соответствующие предложения разработаны, обсуждены в Госкорпорации «Росатом», согласованы с Ростехнадзором и планируются к включению в План законопроектной деятельности Госкорпорации «Росатом» на 2024 год. Они направлены, в частности, на уточнение требований к захоронению РАО; урегулирование вопросов оплаты захоронения РАО, образующихся при выводе из эксплуатации; согласование вопроса финансирования деятельности Национального оператора в части захоронения РАО организаций, не относящихся к предприятиям, эксплуатирующим особо радиационно и ядерно опасные производства и объекты; определение механизма оплаты захоронения РАО, возникающих при осуществлении деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Среди других задач, требующих разрешения, отметим вопросы функционирования специального резервного фонда финансирования расходов на захоронение РАО, включающие проработку механизмов нивелирования влияния инфляционных процессов на средства фонда и организацию мониторинга ППЗРО, создаваемых при переводе пунктов размещения или пунктов консервации особых РАО и передаваемых в хозяйственное ведение ФГУП «НО РАО».

Важным вопросом является устранение некоторых особенностей отечественного гигиенического нормирования. Наиболее болезненная

ситуация складывается с ограничением допустимого радиационного воздействия при захоронении РАО [22]. Публикация 103 МКРЗ [9] и нормы безопасности МАГАТЭ [8] рекомендуют при консервации отходов следующие значения граничных доз: 0,3 мЗв/год — для базовых сценариев функционирования ПЗРО и 1 мЗв/год — для сценариев вмешательства. Эти же значения установлены в НП-055-14 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности». В то же время в ОСПОРБ 99/2010 закреплено значение годовой эффективной дозы облучения критической группы населения при захоронении РАО, составляющее 10 мкЗв/год, т. е. величину в 100 раз меньшую. Поясним, что речь идет об ограничении облучения, в том числе в сценарии вмешательства в систему захоронения. Неоправданно жесткое ограничение тормозит разработку проектов, поскольку в прямом смысле требует реализации дорогих технических решений на случай отклонения от базового сценария вмешательства, вероятность которого крайне мала. Необходимо заниматься гармонизацией и унификацией этих норм совместно с ФМБА, Роспотребнадзором, Ростехнадзором, рассматривая их в контексте уже ведущейся работы по внесению изменений в Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

Из крупных вопросов, которые пока являются предметом дискуссий, отметим проблему разделения обязательств государства и организаций по выводу из эксплуатации объектов, использование которых полностью или в большей части осуществлялось в прошлом. Масштабы данных работ диктуют необходимость обеспечения этой деятельности финансовыми и иными ресурсами на длительную перспективу, для чего нужны понятные механизмы, возможно, в чем-то близкие разделению обязательств по обращению с РАО.

Решение проблемы накопленных РАО

Начало системной работы по решению проблемы накопленных РАО было заложено проведением их первичной регистрации и разделением на удаляемые и особые. Несмотря на отдельные шероховатости, связанные с нормативными ограничениями и иными причинами [23], эту задачу удалось решить в отношении основных объемов отходов.

Обращение с накопленными РАО является одной из центральных задач ФЦП ЯРБ-2, подкрепленной наличием специальных целевых

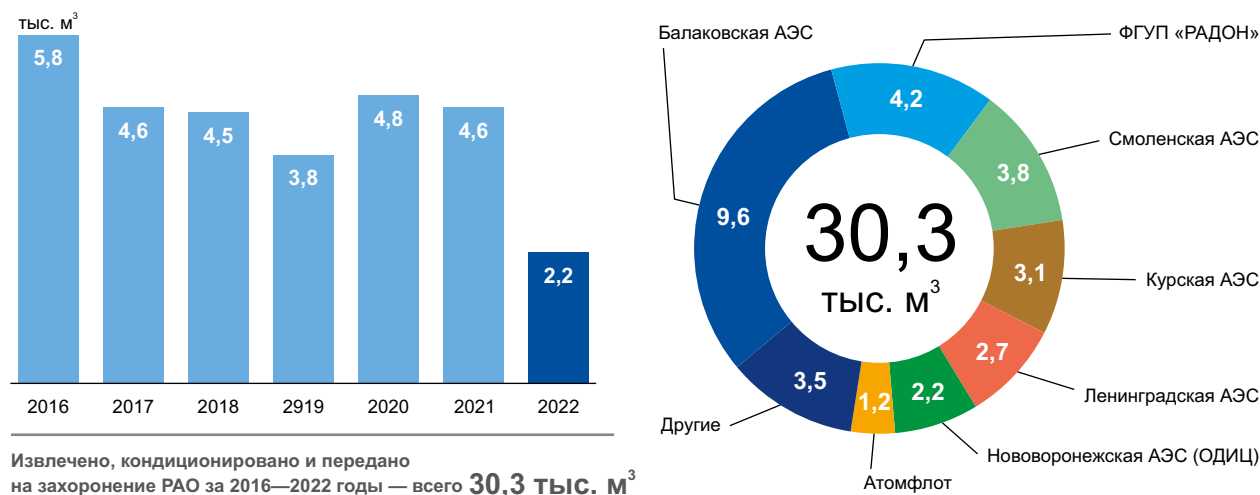


Рис. 1. Передача накопленных удаляемых РАО на захоронение

показателей. Первый из них — это объем приведенных к критериям приемлемости и переданных на захоронение РАО. Второй — вывод из эксплуатации и ликвидация ЯРОО, включая работы по консервации пунктов хранения особых РАО.

В рамках реализации 1-го этапа ФЦП ЯРБ-2 (2016—2020 гг.) на захоронение ФГУП «НО РАО» передано 23,5 тыс. м³ РАО. Основные работы проводились в филиалах АО «Концерн «Росэнергоатом», ФГУП «РАДОН» и ФГУП «Атомфлот». В 2021—2022 гг. извлечено, кондиционировано и отправлено на временное хранение около 7,5 тыс. м³ РАО, на захоронение 6,8 тыс. м³ РАО (из них около 60% — с площадок ФГУП «РАДОН»). Таким образом, за период 2016—2022 гг. этот показатель достиг значения 30 тыс. м³ РАО (рис. 1). На конец 2035 года запланировано решение проблемы в отношении 155 тыс. м³ РАО, включая РАО, образующиеся при ВЭ объектов наследия.

Динамика работ по удалению накопленных РАО с площадок предприятий в принципе понятна. Открытие возможности такого масштабного процесса соответствовало чаяниям эксплуатирующих организаций, в первую очередь — концерна «Росэнергоатом». Их интересы удовлетворили, но одновременно было зафиксировано низкое качество «радиационного» наполнения упаковок. Значения активности РАО зачастую находились у нижней границы для данного класса [24]. Эту негативную тенденцию предстоит преодолеть. Также необходимо освоить захоронение РАО класса 4 в более дешевых упаковках, в том числе типа big bag, не требующих выполнения функций барьеров безопасности. Все это позволит более гибко использовать мощности ПЗРО.

К особым РАО в 2014—2015 гг. было отнесено более 99,9% (по объему) всех накопленных ЖРО и более 82% (по объему) накопленных твердых радиоактивных отходов (ТРО). Согласно Закону о РАО объекты, содержащие особые отходы, должны быть переведены в пункты консервации или захоронения. Изменение статуса пункта их хранения возможно как после сооружения дополнительных барьеров безопасности, обеспечивающих соответствие установленным требованиям, так и при обосновании соответствия уже имеющихся барьеров таким требованиям.

Первоочередные усилия в этой области были направлены на поддержание защищенности водоемов — хранилищ ЖРО. В ходе реализации первой федеральной целевой программы в 2008—2015 гг. (далее — ФЦП ЯРБ-1) работы по консервации были завершены на трех таких объектах, где вопрос предотвращения возможных рисков стоял наиболее острым образом. Самый яркий пример — водоем В-9 (озеро Карачай) на ФГУП «ПО «Маяк», который характеризуется наибольшей накопленной активностью не только в России, но и в мире. Его засыпка заняла более 40 лет и была завершена в 2015 году. В будущем этот объект планируется оснастить противодиффузионным защитным экраном [25]. На водоемах-хранилищах АО «СХК» (бассейн Б-2) и ФГУП «ГХК» (объект 354) был реализован полный цикл работ по засыпке и экранированию, при этом большая часть технологий отработывалась впервые.

В отношении водоемов В-3, В-4, В-10, В-11 ФГУП «ПО «Маяк», образующих Теченский каскад водоемов (ТКВ), реализован иной подход. Площадь поверхности в 50 км² и емкость более 360 млн м³ определяют невозможность засыпки акватории. Стратегический мастер-план



Рис. 2. Этапы консервации бассейнов размещения особых РАО АО «СХК» на примере Б-1 [27]

решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк» [26] (СМП ТКВ) рассчитан на многие десятилетия и предусматривает поэтапное достижение их оптимального конечного состояния, которое определяется следующим образом: водоемы В-10 и В-11 снимаются с регулирующего контроля по радиационному фактору, В-3 и В-4 переводятся в пункты консервации особых РАО. На текущем этапе реализуется задача по прекращению размещения дополнительных объемов ЖРО и поддержанию оптимального водного баланса водоемов для минимизации выхода радионуклидов за пределы объектов. Примечательно, что в начале века в отношении ТКВ преобладали панические настроения в связи с прогнозируемым переполнением каскада и прорывом замыкающей плотины, и только детальнейшая проработка вопроса показала возможность исключения катастрофических событий. Сегодня ситуация на ТКВ принципиально изменилась — уровень воды находится на рекордно низких отметках.

Таким образом, уже в рамках ФЦП ЯРБ-1 были выполнены первоочередные комплексы работ в отношении объектов с основной накопленной радиоактивностью (В-9) и подавляющим объемом ЖРО (ТКВ).

В ФЦП ЯРБ-2 с учетом накопленного опыта ставятся не менее амбициозные цели. В 2019—2020 гг. завершена консервация бассейнов-хранилищ Б-1 (рис. 2), Б-25 и комплекса хранилищ ТРО траншейного типа на АО «СХК». В настоящее время обеспечивается регулярный мониторинг состояния этих объектов. Благодаря применению более эффективных технологий сроки выполнения работ по проектам консервации Б-1 и Б-25 удалось сократить до 3—5 лет вместо запланированных изначально 10—15 лет [27].

До 2035 года запланировано приведение в безопасное состояние еще 7 крупных объектов. Это ПХ-1, ПХ-2 АО «СХК» и В-17 ФГУП «ПО «Маяк», а также пункты хранения ТРО: ПХТРО № 1—5 и сооружение 263 АО «СХК», хвостохранилище ПАО «НЗХК» и ПХРО Кирово-Чепецкого отделения ФГУП «РАДОН».

Подготовка к консервации пульпохранилищ ПХ-1 и ПХ-2 АО «СХК» (г. Северск, Томская область) ведется уже несколько лет. В рамках предпроектных исследований впервые отработывалась возможность размещения дополнительных объемов накопленных РАО. В качестве таких отходов рассматривались в первую очередь пульпы сублиматного завода-комбината, хранящаяся рядом на протяжении трех десятилетий автотехника, радиоактивно загрязненная в ходе

выполнения работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, и идентичные по составу РАО, накопленные на АЭХК. Выполненные исследования включали: детальный анализ проб, моделирование процессов химического взаимодействия дополнительно размещаемых материалов с основным материалом загрузки, создание цифровых моделей и расчетные оценки долговременной безопасности ППЗРО (исполнители — ИБРАЭ РАН и ИФХЭ РАН). Получены положительные результаты. Необходимо довести этот процесс до практической реализации и в дальнейшем активно использовать на других объектах, где для дозагрузки размещения особых РАО имеются реальные предпосылки.

Новые подходы планируется применить и на площадке ПХРО Кирово-Чепецкого отделения ФГУП «РАДОН», где имеются пункты хранения ТРО бункерного и траншейного типа, недействующие производственные корпуса, имеющие статус хранилищ РАО.

По остальным крупным объектам (В-17 на ФГУП «ПО Маяк» и хвостохранилище ПАО «НЗХК») начало работ запланировано на период после 2030 года.

Таким образом, суммарный объем РАО, накопленных в пунктах хранения в результате прошлой деятельности и отнесенных в результате первичной регистрации к особым, составляет 469 млн м³, из них 333 млн м³ — покрываются мероприятиями ФЦП ЯРБ (в том числе 4,3 млн м³ либо уже, либо скоро будут законсервированы и 320 млн м³ контролируются в рамках СМП ТКВ).

Очередной импульс в работах по особым РАО задан новой редакцией постановления Правительства России № 1069 по критериям отнесения РАО к категории особых [20], что позволяет сформировать конкретные решения по пунктам хранения, в отношении которых при проведении первичной регистрации приняты решения об отнесении РАО к особым было невозможно. Для этого разработана, издана и разослана во все заинтересованные организации новая версия специального пособия [28]. По завершении сбора замечаний и предложений уже в текущем году будет подготовлена к печати его новая редакция. В целом необходимо выполнение дополнительной первичной регистрации в отношении отдельных объектов и перевод ее на систематические рельсы. В пользу ее проведения свидетельствуют два обстоятельства: изменение нормативной базы и появление новых объектов, а регулярности — требования п. 5 статьи 26 Закона о РАО и новые условия, связанные с началом работ по ВЭ объектов наследия, которые были остановлены в прошлом и не

фигурировали в перечнях пунктов размещения РАО. Ярким примером таких строений являются здания 102 и 170 радиохимических производств ФГУП «ПО «Маяк», которые были остановлены в 1978 и 1972 годах. Радиационная обстановка в них исключала возможность детального обследования. Теперь такая перспектива появилась. В этой же группе присутствует большое количество объектов, вывод из эксплуатации которых по сценариям с полным удалением загрязненных конструкций не может быть обоснован по соображениям стоимости и радиационной безопасности. Следует нормативно определить возможность их перевода в пункты консервации особых РАО в результате работ по ВЭ с установлением соответствующих требований безопасности. Приступить к задаче определения статуса таких сооружений, в отношении которых принятие решения было отложено или не могло быть принято в силу ныне снятых нормативных требований и иных обстоятельств, целесообразно уже в 2024 году.

Разработка программы мероприятий по пунктам размещения особых РАО на период после 2030 года запланирована на 2025 год.

Переработка и перевозка РАО

Вопрос приведения РАО в соответствие с критериями приемлемости для захоронения более остро стоит для организаций, ранее не осуществлявших их переработку и кондиционирование из-за отсутствия собственных мощностей. Ситуация осложняется тем обстоятельством, что к настоящему времени переработка РАО силами специализированных организаций не получила должного развития. Как правило, они привлекаются локально для переработки и/или хранения отдельных типов РАО, например имела практика передачи РАО АО «Концерн «Росэнергоатом» на хранение в ФГУП «РАДОН» и ФГУП «ФЭО», а также металлических отходов на переработку в АО «Экомет-С».

Поскольку в рамках ЕГС РАО стоит задача обеспечить эффективность деятельности по обращению с РАО, при определении облика инфраструктуры по их переработке необходимо оптимизировать процесс с учетом потраченных на это средств (капитальные и операционные затраты, как правило, снижаются при увеличении объема переработки на площадке) и расходов на перевозку (минимальны при кондиционировании РАО в местах образования).

В этой связи в рамках ФЦП ЯРБ-2 планируется создание крупных специализированных комплексов на площадках ФГУП «РАДОН», ФГУП «ПО

«Маяк», АО «СХК», а также на АЭС. С учетом введенных в эксплуатацию и строящихся объектов проблема переработки основных объемов образующихся РАО будет снята.

Отметим, что новая классификация РАО, введенная постановлением № 1229 [29], подразумевает ограничение влияния короткоживущих радионуклидов на выбор класса отходов. Это в большей мере должно способствовать взвешенному подходу к определению сроков промежуточного хранения, а именно позволит применять практику хранения короткоживущих РАО для снижения их активности ниже уровня отношения к радиоактивным.

Отдельного и особого внимания заслуживают вопросы развития технологий переработки высокоактивных и среднеактивных долгоживущих РАО. Основным источником образования таких отходов является деятельность по переработке ОЯТ. Реализация масштабных планов по развитию атомной энергетики в России и по сооружению АЭС за рубежом будет неизбежно сопровождаться ростом таких объемов. В этой связи планируется создание комплекса НИОКР, который будет включен в общую программу работ по развитию радиохимии в Российской Федерации.

Отдельная задача — оптимизация контейнерного парка для захоронения РАО. Внесение изменений в постановление № 1069 [20] позволило сформировать базу для расширенного внедрения в практику «мягких упаковок» для ОНРАО, что кардинально сократит итоговые затраты на обращение с ними. Кроме того, для разработки новых контейнеров для захоронения (как для глубинного, так и для приповерхностного) планируются к созданию два экспериментальных стенда для обоснования безопасности по направлениям механических нагрузок и коррозионного повреждения.

Кратко представим планы по развитию логистических возможностей в сфере обращения с РАО. В настоящий момент объем перевозок относительно невелик, что объясняется, в частности, наличием только одного ПЗРО. По мере вывода из эксплуатации ОЯТЦ, а также ввода в иных объектов, генерирующих РАО, будет расти потребность в перевозке как кондиционированных РАО к ППЗРО, так и отходов к площадкам их переработки. Это потребует качественного изменения логистики. В настоящий момент прорабатываются типовые схемы, которые будут включать в себя железнодорожную транспортировку РАО и создание баз их перегрузки, способствующие увеличению объемов перевозки и снижению ее стоимости.

В целом ситуация с объемами переработки и захоронения РАО на текущий момент времени требует серьезных улучшений. Перед нами стоит сложная задача взаимоувязки темпов образования отходов с функциональными возможностями по их переработке, перевозке и захоронению. Увеличение объемов переработки и захоронения РАО однозначно потребует значительного увеличения их транспортных потоков с учетом территориального расположения организаций и расширения географии пунктов захоронения РАО. Инфраструктура и логистика обращения с ними должна с 2026 года обеспечивать передачу на захоронение до 30 000 м³ отходов в год, что соответствует проектной производительности трех ПЗРО 3 и 4 классов в Новоуральске, Северске, Озерске.

Вывод из эксплуатации

Взаимозависимость вопросов вывода из эксплуатации и обращения с РАО общеизвестна, их часто называют двумя сторонами одной медали. Обращение с РАО — это существенная, а иногда и определяющая часть затрат на проекты ВЭ и реабилитации территорий.

Такие задачи в целом успешно реализовывались и в рамках ФЦП ЯРБ-1 (53 объекта) и в рамках первого этапа ФЦП ЯРБ-2 (35 объектов, работы велись еще по 30). Важно, что это чрезвычайно разнообразные объекты, в том числе и наиболее сложные радиохимические производства. Также отметим ВЭ ПУГР, ЭИ-2 (АО «ОДЦ УГР»), а также объекты АД и АДЭ-1 (ФГУП «ГХК»).

В последние годы приобрели новые тенденции, которые предстоит усиливать, — среди них в первую очередь необходимо отметить цифровизацию подготовки к ВЭ. Сегодня мы имеем десятки созданных цифровых информационных и радиационных моделей, которые полностью соответствуют подлежащим демонтажу и сносу объектам. Эта идентичность обеспечена проведением лазерного сканирования, включением в модели данных КИРО и их критическим анализом.

Принципиальной особенностью новых методов является возможность моделирования и получения вариантных оценок образования РАО различных классов и общей стоимости работ в зависимости от примененных технологий и конечных состояний объекта. Аккумуляция опыта подталкивает нас к установлению требований применения цифровых моделей при проведении КИРО и выполнения иных мероприятий при подготовке к созданию проекта ВЭ и собственно его реализации. В этом направлении

предстоит большая работа по составлению различного рода справочных материалов по расценкам, методик и стандартов обмена данными.

Вторым, и также важным, направлением является переход к работе по промышленным площадкам в целом, в том числе с передачей всех площадок специальному оператору по наследию. В качестве такой организации определен ФГУП «РАДОН», которому уже переданы бывшие площадки ВНИИХТ и Кирово-Чепецкого отделения ФЭО. В мировой практике признано [30], что исключение интересов бывшей эксплуатирующей организации позволяет сосредоточиться на эффективном планировании и реализации работ по ВЭ и реабилитации. В случаях, когда на промышленной площадке имеются объекты размещения особых РАО, целесообразно рассматривать возможность размещения в них отходов от ВЭ.

Третье направление связано с расширением парка применяемых технологий, используемых при ВЭ. В настоящее время полигоном для их отработки стали площадки ФГУП «РАДОН», АО «СХК», ФГУП «ПО Маяк», АЭХК, ОДИЦ Концерна «Росэнергоатом», АО «ОДЦ УГР», ФГУП «ГХК» и многие другие. За последние годы испытаны или готовятся к апробации десятки новых технологических решений. В ближайшее время должны получить развитие способы дистанционного демонтажа высокоактивного оборудования, а также обращения с РАО 2-го класса.

Накопленный опыт показывает, что на этапе подготовки к проектированию вывода из эксплуатации и реабилитации территорий необходимо как можно раньше получить развернутую картину, характеризующую состояние объектов окружающей среды. Наряду с проведением КИРО важную информацию для этого дает отраслевая система объектного мониторинга состояния недр (ОМСН), которая является эффективным инструментом для оценки экологической безопасности на всех этапах жизненного цикла объектов использования атомной энергии. Она ориентирована не только на наблюдение за параметрами, характеризующими компоненты окружающей среды, но и на прогнозирование изменения их состояния со временем. В части мониторинга недр регулярная работа идет на 55 предприятиях отрасли. Сбор, систематизация и анализ данных по состоянию радиоактивного и химического загрязнения природы сопровождается комплексной оценкой рисков воздействия радиационного и химического факторов в границах зон возможного влияния объектов. Такие исследования проведены для 14 организаций Госкорпорации «Росатом».

Оценка безопасности работ по ВЭ, захоронению РАО и реабилитации в значительной мере обеспечивается разработкой базового пакета российских расчетных кодов. К настоящему времени работы по некоторым из них доведены до аттестации программного средства в Ростехнадзоре и массового внедрения (геомиграционный код GeRa, различные варианты кодов для оценки атмосферного переноса и др.), по некоторым идет процесс аттестации (коды для расчета и анализа наведенной активности, нуклидной кинетики, процессов термомеханики и др.).

Указанные новые и в определенной мере инновационные подходы позволяют не только существенно снизить стоимость работ по ВЭ, в том числе за счет радикального сокращения объемов образования РАО, но и более достоверно оценивать потребности в развитии системы их захоронения. Отдельно следует подчеркнуть, что эффективность обращения с РАО от ВЭ зависит от наличия мощностей ППЗРО для приема отходов низкой и очень низкой активности и практических возможностей освобождения от радиационного контроля больших объемов материалов, образующихся в ходе сноса зданий и сооружений, рекультивации территорий, для их дальнейшего использования в соответствии с современными принципами безотходной экономики или же захоронения на промышленных полигонах.

Заключение

Приоритет охраны жизни и здоровья человека, а также окружающей среды от негативного воздействия РАО является базовым принципом функционирования ЕГС РАО, закрепленным в ст. 10 соответствующего закона. Его практическая реализация заключается в комплексном подходе к обеспечению радиационной и экологической безопасности создаваемой системы захоронения и других объектов по обращению с РАО.

В построении и развитии ЕГС РАО важно обеспечивать общую направленность действий, ориентированных на достижение стратегических целей безопасного и экономически эффективного обращения с РАО. Это достигается за счет успешного продвижения деятельности по отдельным направлениям и потокам отходов, своевременного устранения барьеров и точечной коррекции проблемных областей.

Сегодня можно утверждать, что ЕГС РАО вышла на качественно новый этап развития, который характеризуется следующими обстоятельствами:

- освоены все базовые организационные и технологические процессы, в отношении них есть понимание перспектив повышения эффективности

и зрелости, связанных в основном со сферой нормативно-правового регулирования и применением новых, в том числе неядерных, технологий (цифровизация, управление и др.);

- существенно расширен и уже практически определен перечень направлений деятельности и процессов, по которым должна осуществляться синхронизация и которые должны учитываться при разработке долгосрочных планов развития. По одному из них, а именно замыканию ЯТЦ, имеются серьезные неопределенности, которые частично разрешатся на 10-летнем рубеже выбором базовых технологий радиохимической переработки ОЯТ, а в полном объеме — сроками запуска быстрых реакторов большой мощности и новых производств по переработке ОЯТ с адаптацией атомной энергетики к новым видам топлива, то есть на рубеже 2040 года;
- видение будущего в части обращения с накопленными и эксплуатационными РАО текущей номенклатуры сформулировано намного более точно. По отдельным направлениям (ТКВ, ПИЛ) разработаны долгосрочные программы деятельности. Значительный перечень задач по другим проблемам определен «Комплексным планом мероприятий по созданию инфраструктуры обращения с РАО, включая их баланс (в разрезе классов РАО), минимум до 2050 года».

ЕГС РАО является развивающейся системой, которая должна предвидеть и своевременно реагировать на вызовы времени в плане меняющихся потребностей атомной отрасли, прохождения технологических развилок, накопления лучших практик. На смену одним актуальным задачам будут приходить другие, и необходимо обеспечивать их решение на принципах, заложенных в законодательстве.

Литература

1. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. / Под общ. ред. Е. В. Евстратова, А. М. Агапова, Н. П. Лаверова, Л. А. Большова, И. И. Линге. Т. 1. — М.: ОАО «Энергопроманилитика», 2012. 356 с.

3. *Абрамов А. А., Дорофеев А. Н.* Современное состояние и перспективы развития системы обращения с РАО в Российской Федерации // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 12—23.

4. *Дорофеев А. Н.* О ходе работ по развитию нормативно-правовой базы в области обращения

с РАО // Радиоактивные отходы. 2019. № 3 (8). С. 6—13. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-6-13.

5. Стратегия развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года. Одобрено решением Президиума НТС ГК «Росатом» 26 декабря 2018 г. — М., 2018. 62 с.

6. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО / Под. ред. И. И. Линге, Ю. Д. Полякова. — М.: Комтехпринт, 2015. 208 с.

7. Комплексный план мероприятий по созданию инфраструктуры обращения с РАО, включая баланс РАО (в разрезе классов РАО), минимум до 2050 года. Утв. распоряжением Госкорпорации «Росатом» от 30 ноября 2022 г. № 1-1/802-Р.

8. МАГАТЭ. Захоронение радиоактивных отходов. Конкретные требования безопасности, № SSR-5. Вена, МАГАТЭ, 2011. 76 с.

9. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите. Пер. с англ. / под общ. ред. М. Ф. Киселева и Н. К. Шандалы. — М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. 343 с.

10. *Абалкина И. Л., Большов Л. А., Капырин И. В., Линге И. И., Савельева Е. А., Свительман В. С., Уткин С. С.* Обоснование долговременной безопасности захоронения ОЯТ и РАО на 10000 и более лет: методология и современное состояние: Препринт ИБРАЭ № 2019-03. — М.: ИБРАЭ РАН, 2019. 40 с.

11. Захоронение РАО на участке Енисейский в Красноярском крае: история выбора площадки и современное состояние исследований (в печати).

12. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов. Утв. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» А. Е. Лихачевым 28.03.2018.

13. *Абрамов А. А., Большов Л. А., Дорофеев А. Н. и др.* Подземная исследовательская лаборатория в Нижнеканском массиве: эволюционная проработка облика // Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). С. 9—21. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-1-9-21.

14. *Линге И. И., Уткин С. С., Хамаза А. А., Шарфутдинов Р. Б.* Опыт применения международных требований по обоснованию долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов: проблемы и уроки // Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 4. С. 201—208.

15. Федеральный закон от 04.11.2005 № 139-ФЗ «О ратификации Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами».

16. *Дорофеев А. Н., Уткин С. С. и др.* О представлении Шестого национального доклада Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о

- безопасности обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. 2022. № 3 (20). С. 10–18.
17. Материалы самооценки для предоставления международным экспертам в рамках миссии МАГАТЭ по оценке безопасности российской технологии подземного захоронения жидких радиоактивных отходов. В 4 книгах. — М. : ИБРАЭ РАН, 2013. 245 с.
18. *Крюков О. В., Хаперская А. В., Дорофеев А. Н. и др.* 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.
19. *Дорофеев А. Н., Савельева Е. А., Уткин С. С., Познизов А. В. и др.* Эволюция обоснования долговременной безопасности ПГЗ ЖРО // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 56–65.
20. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов».
21. *Бочкарев В. В., Дорофеев А. Н., Курьиндин А. В. и др.* К вопросу внесения изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069 «О критериях отнесения, твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов» // Ядерная и радиационная безопасность. 2022. № 4. С. 59–72.
22. *Самойлов А. А., Стрижова С. В., Блохин П. А., Александрова Т. А.* Актуальные потребности развития санитарно-гигиенического нормирования в контексте деятельности по совершенствованию системы обращения с РАО // Вопросы радиационной безопасности. 2021. № 2. С. 3–13.
23. Особые радиоактивные отходы / под общ. ред. И. И. Линге. — М. : ООО «САМ Полиграфист», 2015. 240 с.
24. *Гиневец Е. В., Тихонова А. А., Дорофеев А. Н. и др.* Информационное обеспечение управления работами по обращению с РАО в рамках ФЦП ЯРБ-2 // Радиоактивные отходы. 2019. № 3(8). С. 28–35. DOI: 10/25283/2587-9707-2019-3-28-35.
25. *Мокров Ю. Г., Алексахин А. И.* Мониторинг — основа обеспечения безопасности при выполнении работ по консервации водоема Карачай // Радиоактивные отходы. 2018. № 3 (4). С. 60–68.
26. Стратегический мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк». Исходные положения и краткие результаты. — Москва, 2015.
27. Сводный информационно-аналитический материал «Итоги реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» в 2016–2020 гг.». — М. : Госкорпорация «Росатом», 2021. 134 с.
28. *Ведерникова М. В., Панченко С. В. и др.* Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 3 / под общ. ред. И. И. Линге. — М. : ИБРАЭ РАН, 2022. 200 с.
29. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 г. № 1929 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069».
30. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий. Т. 1. / под общ. ред. И. И. Линге и А. А. Абрамова. — М. : ИБРАЭ РАН, 2017. 366 с.

Информация об авторах

Тинин Василий Владимирович, кандидат технических наук, директор по государственной политике в области РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО, Госкорпорация «Росатом» (119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: VVTinin@rosatom.ru.

Абрамов Александр Анатольевич, заместитель директора по государственной политике в области РАО, ОЯТ и ВЭЯРОО — начальник Управления разработки и реализации программ реабилитации объектов наследия, Госкорпорация «Росатом» (119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: AAAbramov@rosatom.ru.

Дорофеев Александр Николаевич, кандидат технических наук, руководитель Проектного офиса, Госкорпорация «Росатом» (119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

Библиографическое описание статьи

Тинин В. В., Абрамов А. А., Дорофеев А. Н. Об актуальных задачах развития ЕГС РАО // Радиоактивные отходы. 2023. № 4 (25). С. 6–22. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-4-6-22.

RELEVANT CHALLENGES FOR THE USS RW DEVELOPMENT

Tinin V. V., Abramov A. A., Dorofeev A. N.

State Corporation “Rosatom”, Moscow, Russia

Article received on October 18, 2023

The paper considers relevant issues associated with further USS RW development considering the experience gained from the Federal law enforcement, namely, the one of July 11, 2011 No. 190-FZ On Radioactive Waste Management and Amendments Introduced to Certain Legal Acts of the Russian Federation and the implementation of the Russian Nuclear Power Development Strategy until 2050–2100. It sets forth both short- and long-term tasks considering the key USS RW development areas.

Keywords: radioactive waste, RW, RW disposal, RW management, legal regulation, criteria for waste assignment to the categories of non-removable and removable RW, classification criteria for removable RW, decommissioning, Unified State System for RW management, federal target program.

References

1. Federal'nyy zakon ot 11 iyulya 2011 g. No.190-FZ “Ob obrashchenii s radioaktivnymi otkhodami i o vnesenii izmeneniy v otдельnye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii” [Federal Law of July 11, 2011 No. 190-FZ On the Management of Radioactive Waste and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation].
2. *Problemy yadernogo naslediya i puti ikh resheniya* [Nuclear Legacy Challenges and Ways to Address Them]. / Under general ed. of A. M. Agapov, L. A. Bolshov, E. V. Evstratov, N. P. Laverov, I. I. Linge. Vol. 1. — Moscow, Energopromanalitika Publ., 2012. 356 p.
3. Abramov A. A., Dorofeev A. N. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya sistemy obrashcheniya s RAO v Rossii* [Current State and Prospects of Development of the RW Managements System in the Russian Federation]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 12–23.
4. Dorofeev A. N. *O hode rabot po razvitiyu normativno-pravovoj bazy v oblasti obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami* [On a Workflow for the Regulatory Basis Development in the Realm of RW Management]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2019, no. 3 (8), pp. 6–13. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-6-13.
5. *Strategiya razvitiya yadernoy energetiki Rossii do 2050 goda i perspektivy na period do 2100 goda* [Strategy for Nuclear Power Development in Russia until 2050 and the prospects until 2100]. Approved by the Presidium decision of the SC Rosatom’s Scientific and Technical Council on December 26, 2018. Moscow, 2018. 62 p.
6. *Obzor zarubezhnykh praktik zakhroneniya OYAT i RAO* [Overview of International SNF and RW Disposal Practices] / Edt. by I. I. Linge and Yu. D. Polyakov. Moscow, Komtekhpriint Publ., 2015. 208 p.
7. *Kompleksnyy plan meropriyatiy po sozdaniyu infrastruktury obrashcheniya s RAO, vklyuchaya balans RAO (v razreze klassov RAO), minimum do 2050 goda* [Comprehensive action plan for the radioactive waste management infrastructure development, including the RW inventory (as regards RW classes), at least until 2050], approved by the Order of the Rosatom State Corporation of November 30, 2022 No. 1-1/802-R.
8. IAEA, *Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Requirements, SSR-5*. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2011. 76 p.
9. *Publikatsiya 103 Mezhdunarodnoy komissii po radiacionnoy zashchite* [ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection]. / Edt. by M. F. Kiselev, N. K. Shandala. Moscow, OOO PKF Alana Publ., 2009. 343 p.
10. Abalkina I. L., Bolshov L. A., Kapyrin I. V., Linge I. I., Savelyeva E. A., Svitelman V. S., Utkin S. S. *Obosnovaniye dolgovremennoy bezopasnosti zakhroneniya OYAT i RAO na 10000 i boleye let: metodologiya i sovremennoye sostoyaniye* [Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Deep Geological Disposal Long-Term Safety Assessment for 10 000 Years and Over: Methodology and the Current State]. Preprint IBRAE-2019-03. Moscow, Nuclear Safety Institute Publ., 2019. 40 p.
11. *Zakhroneniye RAO na uchastke Yeniseyskiy v Krasnoyarskom kraye: istoriya vybora ploshchadki i sovremennoye sostoyaniye issledovaniy* [Radioactive waste disposal at the Yeniseiskiy site in the Krasnoyarsk Territory: siting milestones and recent R&D progress] (in press).
12. *Strategiya sozdaniya punkta glubinnogo zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov* [Development strategy for a deep RW disposal facility]. Approved by the Director General of the State Corporation Rosatom A. E. Likhachev on March 28, 2018.

13. Abramov A. A., Bolshov L. A., Dorofeev A. N., Igin I. M., Kazakov K. S., Krasilnikov V. Y., Linge I. I., Trokhov N. N., Utkin S. S. Podzemnaya issledovatel'skaya laboratoriya v Nizhnekanskom massive: ehvolyucionnaya prarabotka oblika [Underground Research Laboratory in the Nizhnekanskiy Massif: Evolutionary Design Study]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2020, no. 1 (10), pp. 9–21. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-1-9-21.
14. Linge I. I., Utkin S. S., Khamaza A. A., Sharafutdinov R. B. Opyt primeneniya mezhdunarodnykh trebovaniy po obosnovaniyu dolgovremennoy bezopasnosti punktov zakhroneniya radioaktivnykh otkhodov: problemy i uroki [Experience in Applying the International Requirements for the Validation of Long-Time Safety of Radwaste Disposal Sites: Problems and Lessons]. *Atomnaya energiya — Atomic Energy*, 2016, vol. 120, no. 4, pp. 259–264. DOI: 10.1007/s10512-016-0127-6.
15. Federal'nyy zakon ot 04 noyabrya 2005 g. No. 139-FZ “O ratifikatsii Ob"edinennoy konvencii o bezopasnosti obrashcheniya s otrabotavshim toplivom i o bezopasnosti obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami” [Federal Law of November 4, 2005 No. 139-FZ On the Ratification of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management].
16. Dorofeev A. N., Utkin S. S., Mamchits E. G., Samoilov A. A., Dorogov V. I. O predstavlenii Shestogo nacional'nogo doklada Rossiyskoy Federatsii o vypolnenii obyazatel'stv, vytekayushchikh iz Ob"edinennoy konvencii o bezopasnosti obrashcheniya s otrabotavshim toplivom i o bezopasnosti obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami [On the presentation of the Sixth National Report of the Russian Federation on the fulfillment of obligations arising from the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2022, no. 3 (20), pp. 10–18. DOI: 10.25283/2587-9707-2022-3-10-18.
17. *Materialy samoocenki dlya predostavleniya mezhdunarodnym ehkspertam v ramkakh missii MAGATEH po ocenke bezopasnosti rossiyskoy tekhnologii podzemnogo zakhroneniya zhidkikh radioaktivnykh otkhodov* [Self-assessment materials for submission to international experts as part of the IAEA International Peer Review of the Deep Well Injection Practice for Liquid Radioactive Waste in the Russian Federation]. In 4 books. Moscow, Nuclear Safety Institute Publ., 2013. 245 p.
18. Kryukov O. V., Khaperkaya 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. Vypolnenie obyazatel'stv Rosii v ramkakh Ob"edinennoy konvencii o bezopasnosti obrashcheniya s otrabotavshim toplivom i o bezopasnosti obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami [Implementation of Obligations of Russia under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2019, no. 1 (6), pp. 25–36.
19. Dorofeev A. N., Saveleva E. A., Utkin S. S., Ponzov A. V. et al. Evolyuciya obosnovaniya dolgovremennoy bezopasnosti PGZ ZhRO [Evolution in the Safety Case for Liquid Radioactive Waste Geological Repositories]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 54–63.
20. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2012 g. No 1069 “O kriteriyakh otneseniya tverdykh, zhidkikh i gazoobraznykh otkhodov k radioaktivnym otkhodam, kriteriyakh otneseniya radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam i k udalyayemym radioaktivnym otkhodam i kriteriyakh klassifikatsii udalyayemykh radioaktivnykh otkhodov” [Government Decree of the Russian Federation of October 19, 2012 No. 1069 On Criteria Applied to Categorize Solid, Liquid and Gaseous Waste as Radioactive Waste, Criteria Applied to Categorize Radioactive Waste as Non-removable Radioactive Waste and as Removable Radioactive Waste and Classification Criteria for Removable Radioactive Waste].
21. Bochkarev V. V., Dorofeyev A. N., Kuryndin A. V. et al. K voprosu vneseniya izmeneniy v Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19.10.2012 No. 1069 “O kriteriyakh otneseniya, tverdykh, zhidkikh i gazoobraznykh otkhodov k radioaktivnym otkhodam, kriteriyakh otneseniya radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam i k udalyayemym radioaktivnym otkhodam i kriteriyakh klassifikatsii udalyayemykh radioaktivnykh otkhodov” [Regarding the Amendments Proposed to the Government Decree of the Russian Federation of October 19, 2012 On Criteria Applied to Categorize Solid, Liquid and Gaseous Waste as Radioactive Waste, Criteria Applied to Categorize Radioactive Waste as Non-removable Radioactive Waste and as Removable Radioactive Waste and Classification Criteria for Removable Radioactive Waste]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radiation Safety*, 2022, no. 4, pp. 59–72.
22. Samoylov A. A., Strizhova S. V., Blokhin P. A., Aleksandrova T. A. Aktual'nyye potrebnosti razvitiya sanitarno-gigiyenicheskogo normirovaniya v kontekste deyatelnosti po sovershenstvovaniyu sistemy obrashcheniya s RAO [Actual Needs in the Development of the Hygiene and Sanitary Regulations for Improvement of the RW Management System]. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti — Radiation Safety Issues*, 2021, no. 2, pp. 3–13.

23. *Osobyie radioaktivnyye otkhody* [Special Radioactive Waste] / under general ed. of I. I. Linge. Moscow, OOO SAM Poligrafist Publ., 2015. 240 p.
24. Ginevets E. V., Tikhonova A. A., Dorofeev A. N., Ivanov A. Yu., Aleksandrova T. A., Drozdov V. V. Informacionnoe obespechenie upravleniya rabotami po obrashcheniyu s RAO v ramkakh FCP YARB-2 [Information Support for RW Management within the Framework of the Federal Target Program Nuclear and Radiation Safety 2]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2019, no. 3 (8), pp. 28–35. DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-28-35.
25. Mokrov Yu. G., Alexakhin A. I. Monitoring — osnova obespecheniya bezopasnosti pri vypolnenii rabot po konservacii vodoema Karachay [Monitoring as the Basis for Ensuring Safety of Karachay Lake Closure Implementation]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 60–68.
26. *Strategicheskiy master-plan resheniya problem Techenskogo kaskada vodoyemov FGUP “PO “Mayak”. Iskhodnyye polozeniya i kratkiye rezul'taty* [Strategic master plan addressing the challenges of the Techa cascade of reservoirs at FSUE PA Mayak. Background and brief results]. Moscow, 2015.
27. *Svodnyy informatsionno-analiticheskiy material “Itogi realizatsii federal'noy tselevoy programmy “Obespecheniye yadernoy i radiatsionnoy bezopasnosti na 2016—2020 gody i na period do 2030 goda” v 2016—2020 gg.* [Consolidated information and analytical overview summarizing the implementation of the federal target program Nuclear and Radiation Safety in 2016—2030 for the period of 2016—2020]. Moscow, State Corporation Rosatom Publ., 2021. 134 p.
28. Vedernikova M. V., Panchenko S. V. et al. *Nauchno-tekhnicheskoye posobiye po podgotovke obosnovy-vayushchikh materialov dlya prinyatiya resheniya ob otnesenii radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam* [Scientific and technical manual on the development of materials supporting the decision-making on radioactive waste categorization as non-removable radioactive waste]. Third edition / under the general editorship of I. I. Linge. Moscow, IBRAE RAS Publ., 2022. 200 p.
29. *Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 29 oktyabrya 2022 g. No. 1929 “O vnesenii izmeneniy v postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2012 g. No. 1069”* [Government Decree of the Russian Federation of October 29, 2022 No. 1929 On Amendments to the Government Decree of the Russian Federation of October 19, 2012 No. 1069].
30. *Luchshiye zarubezhnyye praktiki vyvoda iz ekspluatatsii yadernykh ustanovok i reabilitatsii zagryaznennykh territoriy* [Best International Practices for the Decommissioning of Nuclear Decommissioning and Remediation of Contaminated Sites]. Vol. 1. / Edited by I. I. Linge and A. A. Abramov. Moscow, IBRAE RAS Publ., 2017. 366 p.

Information about the authors

Tinin Vasily Vladimirovich, PhD, Director for the Public Policy on Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Nuclear Decommissioning, State Corporation “Rosatom” (24, Bolshaya Ordynka st., Moscow, 119017, Russia), e-mail: VVTinin@rosatom.ru.

Abramov Aleksandr Anatolyevich, Deputy Director for the Public Policy on Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Nuclear Decommissioning — Head of the Department for the Development and Implementation of Nuclear Legacy Remediation Programs, State Corporation “Rosatom” (24, Bolshaya Ordynka st., Moscow, 119017, Russia), e-mail: AAAbramov@rosatom.ru.

Dorofeev Aleksandr Nikolaevich, PhD, Head of the Project Office, State Corporation Rosatom (24, Bolshaya Ordynka st., Moscow, 119017, Russia), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

Bibliographic description

Tinin V. V., Abramov A. A., Dorofeev A. N. Relevant challenges for the USS RW development. *Radioactive Waste*, 2023, no. 4 (25), pp. 6–22. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-4-6-22. (In Russian).