

РАЗВИТИЕ ЕГС РАО В РАМКАХ РАБОТ ПО ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. А. Абрамов, А. Н. Дорофеев, С. А. Дерябин

Госкорпорация «Росатом», Москва

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2019 г.

В статье подводятся итоги выполнения мероприятий, реализованных в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» по основным направлениям, связанным с проблемой обращения с радиоактивными отходами. Приведены результаты, достигнутые при выполнении наиболее значимых в этой области проектов, дан анализ проблем, выявившихся при их выполнении, выделены направления последующих действий, направленных на совершенствование организации работ с целью достижения наибольшей экономической и социальной эффективности.

Ключевые слова: Федеральная целевая программа, радиоактивные отходы, вывод из эксплуатации, объекты ядерного наследия, Единая государственная система обращения с радиоактивными отходами, Единая государственная система учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов.

В новой редакции «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», утвержденной Президентом России в октябре 2018 года, предусмотрен широкий комплекс задач, в том числе по обращению с РАО. В рамках данной статьи рассмотрим положение дел по реализации трех основных задач в области обращения с РАО:

1) обеспечение вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, переработка отработавшего ядерного топлива, кондиционирование и захоронение РАО и реабилитация радиоактивно загрязненных участков;

2) интеграция знаний для разработки научно обоснованных методов комплексной оценки состояния ядерной и радиационной безопасности, включая совершенствование методологии расчетно-экспериментальных работ по обоснованию и обеспечению долговременной безопасности объектов использования атомной

энергии, в том числе пунктов глубинного и приповерхностного захоронения РАО;

3) совершенствование механизмов функционирования центрального, ведомственных и региональных информационно-аналитических центров системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов (СГУК РВ и РАО) и обмена информацией между ними.

Наибольший объем работ по созданию ЕГС РАО выполняется в рамках мероприятий, предусмотренных ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2025 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2). Орган управления в области обращения с РАО считает важным: освещение этих работ в различных средствах массовой информации, как это делается на сайте <http://фцп-ярб2030.рф> и рассчитано на специалистов; регулярное раскрытие общих итогов, планов и задач по развитию ЕГС РАО, как это было сделано в работе [1], и результатов конкретных научных и практических

Таблица 1. Основные направления деятельности по тематике РАО в 2016–2018 годах

Направление	Кол-во контрактов	Исполнители	Объекты проведения/тематика
Извлечение из мест хранения, переработка, кондиционирование ранее накопленных РАО	26	ФГУП «РАДОН», ФГУП «РосРАО», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «ЭКОМЕТ-С», ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, ЗАО «НПО «Энергоатоминвент»	АЭС, хранилища РАО ФГУП РАДОН, ФГУП «Атомфлот», ФГУП «РосРАО», ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат», НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», участки радиоактивного загрязнения в Московской и Ульяновской областях
Консервация пунктов размещения особых РАО	8	АО «СХК», ФГУП «ПО Маяк», АО «РАОПРОЕКТ», ФГУП «РосРАО», АО «ОДЦ УГР»	Выполнение строительных работ. Технологические бассейны Б-1, Б-24 СХК, ТКВ, В-9 ПО «Маяк», хранилища РАО г. Кирово-Чепецк
Развитие инфраструктуры захоронения РАО	22	ФГУП «НО РАО», АО «ВНИПИпромтехнологии», АО «ФЦНИВТ, «СНПО «Элерон», ИБРАЭ РАН	Выполнение проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, поставка оборудования. Нижнеканский массив, г. Новоуральск; ЗАТО Северск, Томская область; ЗАТО Озерск, Челябинская область; ФГУП «Радон», г. Сергиев Посад, Московская область
Научное обеспечение безопасности и эффективности	17	АО «ВНИПИпромтехнологии», ГЕОХИ РАН, АО «ФЦЯРБ», ИБРАЭ РАН, АО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», ФБУ «НТЦ ЯРБ», ИФХЭ РАН, ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «НО РАО», АО «НЕОЛАНТ»	Технологии кондиционирования РАО, нормативно-правовое обеспечение деятельности по обращению с РАО, совершенствование ЕГС РАО

работ, как это стало практиковаться в каждом из номеров научно-технического журнала «Радиоактивные отходы». В этом ряду тематик необходимо выделить подведение итогов работ организаций по исполнению государственных заказов, в том числе в рамках реализации мероприятий ФЦП ЯРБ-2. При оценке результатов выполнения научно-исследовательских работ, большую значимость имеет их публичное обсуждение широким кругом специалистов и научных работников. Публикация научной статьи в рецензируемом научно-техническом журнале, спустя некоторое время после завершения работы, представляется важной и практически лишенной недостатков процедурой. Желая выйти на уровень, при котором весь объем научно-исследовательских и практических работ по тематике обращения с РАО будет освещаться в научных периодических изданиях, мы ограничимся общим обзором и оценкой итогов работ. Отметим, что в настоящее время регулярный поток таких публикаций сформирован только по тематике глубинного захоронения РАО.

Настоящий краткий обзор ограничим периодом 2016–2018 годов и в основном рамками ФЦП ЯРБ-2.

Организация работ со стороны Госкорпорации «Росатом» ориентирована на основные векторы развития (постулаты) ЕГС РАО, которые предполагают:

- удаляемые отходы должны быть переработаны, приведены к критериям приемлемости и захоронены;
- пункты размещения особых РАО должны быть законсервированы и преобразованы в ПЗРО;

- инфраструктура по захоронению РАО должна соответствовать их объемам, передаваемым на захоронение, учитывая образующиеся при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии (ВЭ) и реабилитации территорий;

- деятельность по обращению с РАО должна отвечать критериям безопасности, экономической эффективности, общественной приемлемости.

В 2016–2018 годах в рамках ФЦП-2 были организованы работы по более чем 80 контрактам (табл. 1), из которых более 50 непосредственно предусматривали работы по тематике обращения с РАО, а в иных контрактах эти работы являлись вспомогательными. В силу особенностей контрактации в 2016 году заключались годовые контракты, а в 2017 году — уже на срок до трех лет.

Извлечение и переработка накопленных РАО с целью удаления

Конечной целью работ по этому блоку является приведение к критериям приемлемости для захоронения и передача РАО на захоронение Национальному оператору по обращению с РАО.

Основной объем работ был реализован в Концерне «Росэнергоатом», который в наибольшей степени заинтересован в удалении накопленных РАО и обеспечивает внебюджетное финансирование работ, которые велись на Смоленской, Балаковской, Нововоронежской, Кольской, Курской и Ленинградской АЭС. Начало этих работ представлялось принципиально важным, поскольку объем накопленных РАО велик, за время хранения они проходили различные этапы переработки, а



Рис. 1. Упаковки РАО до и после кондиционирования на Балаковской АЭС

комплекс критериев для классификации РАО в целях захоронения и критерии приемлемости были установлены относительно недавно.

За период 2016–2018 годов на пяти АЭС было извлечено, переработано и приведено к критериям приемлемости для захоронения РАО в общем объеме более 14,1 тыс. м³ (брутто). Из них приблизительно 13,3 тыс. м³ переданы на захоронение в специализированную организацию, а остальные размещены в пунктах временного хранения на площадках АЭС. Для работ использовались контейнеры типов: НЗК, МК, ЖЗК, ЖБУ и другие (рис. 1).

Основной объем работ выполнен силами концерна и двух специализированных организаций: ФГУП «Радон» и ФГУП «РосРАО». Сравнительный анализ эффективности деятельности этих команд и создание условий для формирования конкурентных стимулов также значатся в повестке заказчика работ.

В рамках ФЦП ЯРБ-2 начаты работы и по иным организациям. В 2016 году в ФГУП «Радон» произведено кондиционирование ранее накопленных ТРО, отнесенных к федеральной собственности. Были обработаны ТРО объемом 861,4 м³, при этом объем упаковок с кондиционированными РАО составил 677,47 м³. После

паспортизации они были размещены на промежуточное хранение. При изготовлении упаковок были использованы контейнеры типа КМЗ и КРАД.

В этот же период аналогичные работы проводились в Саратовском и Казанском отделениях филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «РосРАО».

В Саратовском отделении из ХТРО «D» были извлечены накопленные ТРО в объеме 200 м³ (нетто). Они представляли собой смесь различных материалов и были размещены в хранилище навалом, с использованием деревянных, пластиковых и бумажных первичных упаковок.

С целью дальнейшего использования ХТРО «D» для временного хранения упаковок кондиционированных РАО, после извлечения ТРО была проведена дезактивация внутренних поверхностей хранилища, восстановлена обваловка и защитное покрытие. Извлеченные отходы подвергались сортировке, частичной переработке и размещались в контейнерах типа КМЗ. Подготовленные упаковки после паспортизации размещались на временное хранение. Общей объем упаковок кондиционированных РАО составил 118,73 м³ (брутто) (рис. 2).



Рис. 2. ХТРО «D» до и после выполнения работ



Рис. 3. ХТРО-1 до и после выполнения работ

Из ХТРО-1 Казанского отделения РосРАО были извлечены ТРО в объеме 550 м^3 (нетто), выполнена их сортировка, переработка и кондиционирование.

Извлеченные ТРО приведены к критериям приемлемости и упакованы в контейнеры типа КМЗ. Объем упаковок с РАО составил $610,4 \text{ м}^3$ (брутто). После паспортизации они размещены на временное хранение. По окончании работ была проведена дезактивация первой и второй секций ХТРО-1 и непосредственно прилегающей к нему территории (рис. 3).

Также работы по извлечению накопленных ТРО проведены в Грозненском отделении филиала «Южный территориальный округ» ФГУП «РосРАО». ТРО в виде металлического лома и строительного мусора хранились навалом и в нестандартных контейнерах в хранилище ХТО-2.

На подготовительном этапе было возведено каркасно-тентовое укрытие и проведено вскрытие хранилища с осуществлением постоянного радиационного контроля (рис. 4). Было извлечено 420 м^3 РАО, которые сортировались на месте проведения работ. В дальнейшем проведено их кондиционирование с использованием контейнеров типа МК и последующая паспортизация (рис. 5).

После паспортизации упаковки РАО в объеме 131 м^3 (брутто) были опломбированы, промаркированы и размещены на временное хранение в здании для контейнерного хранения низкоактивных РАО (рис. 6).

Работы по накопленным РАО начаты и в других эксплуатирующих организациях.

На ФГУП «Атомфлот» в 2016–2018 годах завершены работы по извлечению, паспортизации и передаче на захоронение в специализированную организацию РАО в объеме 792 м^3 в контейнерах типа НЗК и КМЗ.



Рис. 4. Вскрытие плит перекрытия ХТО-2

На ФГУП «ПО «Маяк» длительное время хранились отслужившие свой срок радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) (44 шт.). Целью работы являлась разборка РИТЭГ и размещение извлеченных радионуклидных источников (РИ) на долговременное хранение. На конец 2018 года выполнены работы по разборке всех находящихся на ФГУП «ПО «МАЯК» РИТЭГ. Из 37 извлечены закрытые источники ионизирующего излучения и помещены в транспортные контейнеры. Из 7 источники



Рис. 5. Паспортизация упаковок с РАО



Рис. 6. Размещение на временное хранение упаковок кондиционированных РАО

извлечь не удалось, поэтому они были разобраны до радиационно-тепловых блоков и направлены на кондиционирование. Кроме того, ФГУП «ПО «МАЯК» осуществлен вывоз 34 РИТЭГ из Дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами «ДальРАО» ФГУП «РосРАО». Было проведено обследование всех РИТЭГ и выполнена разработка конструкторской документации на новые транспортные упаковки взамен непригодных, в которых долгое время хранились РИТЭГ. К концу 2018 года изделия были доставлены в ФГУП ПО «Маяк» и досрочно начаты работы по их разборке для последующего кондиционирования. В настоящий момент Дальний Восток полностью освобожден от потенциально опасных изделий подобного типа. Напомним, что с конца 2000-х годов были демонтированы и вывезены в централизованные хранилища 1007 РИТЭГ, включая размещенные на трассе Северного морского пути, г. Североморск, ДВЦ «ДальРАО», акватории Балтийского моря и Антарктиды.

Во многих случаях кондиционирование накопленных РАО требует разработки специальных методов. В качестве примера таких работ можно рассматривать переработку ЖРО, представленных смазывающими охлаждающими жидкостями (СОЖ), накопленных в пункте хранения

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина». К началу ФЦП ЯРБ-2 их общий объем составлял около 750 м³. Процесс переработки этих отходов предусматривал декантацию осветленной части, деэмульгирование концентрата СОЖ и отверждение концентрированного шлама с использованием магний-фосфатной матрицы. Этот компаунд в стальных бочках размещался в контейнерах КРАД-1,36 и был передан на временное хранение. В результате работ, выполненных в период 2016—2018 годы, было извлечено и переработано около 385 м³ СОЖ. Работы будут продолжены в рамках данного мероприятия в 2019—2020 годы.

Удаление РАО осуществляется и в ходе работ по реабилитации объектов и территорий, загрязненных радиоактивными веществами. В 2016—2017 годах проведены реабилитационные работы в Ульяновской области на территории Соловьева оврага (г. Ульяновск), загрязненного в 1952 году из-за складирования отходов, образовавшихся при ликвидации последствий пожара на Ульяновском приборостроительном заводе.

Извлеченный в ходе работ загрязненный грунт был переработан, и его малая часть, которая по результатам сортировки была отнесена к РАО, была кондиционирована (рис. 7) и размещена на промежуточное хранение в специализированной организации. В дальнейшем эти отходы будут переданы на захоронение. Извлеченный грунт, не относящийся к категории РАО, использован для выравнивания участка территории. По окончании работ проведен дозиметрический контроль территории и анализ проб грунта и воды, которые подтвердили их соответствие санитарным нормам.

Аналогичные работы были проведены и в отношении нескольких участков общей площадью 658 м² на территории Московской области. В соответствии с согласованным с органами Роспотребнадзора и местного самоуправления порядком проведения работ выполнена реабилитация



Рис. 7. Применение универсальной строительной техники для извлечения РАО и размещение первичных упаковок с РАО в контейнеры для транспортировки в специализированную организацию

РЗТ в ГО Домодедово (территории, прилегающие к полигону твердых бытовых и промышленных отходов «Щербинка»), п. Поварово, вблизи д. Субботино, г. Наро-Фоминск, ГО Подольск. После сортировки более 580 м³ радиационно загрязненного грунта к РАО было отнесено только 13,4 м³, которые были направлены на хранение в специализированную организацию до последующей передачи на захоронение. Также был осуществлен вывоз на переработку и временное хранение накопленных РАО с территории бывшего завода ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат» в Читинской области.

Ниже (табл. 2) приведен перечень организаций, на которых в период 2016—2018 годы в рамках ФЦП ЯРБ-2 выполнялись работы по извлечению РАО, их переработке, приведению к критериям приемлемости для захоронения и передаче на захоронение.

Таблица 2. Объем РАО, переданных на захоронение

Организация	Объем РАО, переданных на захоронение (тыс. куб. м)
Балаковская АЭС	5,5
Ленинградская АЭС	3,2
Смоленская АЭС	2,7
Курская АЭС	1,9
Атомфлот	0,8
Экомет-С	0,2
АО «АЭХК	0,1
Минобрнауки России, Минобороны России	0,8
ИТОГО:	15,3

В целом по работам данной группы необходимо отметить выраженные положительные итоги: наращиваются объемы переработки накопленных РАО, развиваются технологии их переработки и кондиционирования, освобождаются

хранилища, имеется возможность заключения долгосрочных договоров. Одновременно необходимо отметить, что все большая доля вновь образующихся РАО, в особенности на АЭС [2], проходит полный цикл переработки и размещается на хранение уже в готовом к вывозу на захоронение виде.

Важно, что все контракты по удалению сопровождались полным циклом обеспечения безопасности работ — от КИРО и подготовки программ работ до обеспечения различного рода инструкциями, согласованиями, сертификатами-разрешениями и программами обеспечения качества.

Среди отрицательных моментов — показатели ФЦП, которые жестко привязаны как к объемам переработки, так и объемам сдачи РАО национальному оператору. При этом из-за больших неопределенностей в части исходных данных по объемам приведенных к критериям приемлемости РАО, которые необходимо сдавать в НО РАО, у исполнителя возникают серьезные риски неисполнения Госконтракта. Правильнее было бы разбивать конкурс на 2 части: первая — это работы по извлечению и переработке РАО (показатель — объем переработанных), вторая — передача РАО на захоронение (показатель — объем передаваемых РАО, на основе понятных данных, полученных в рамках первой части работ). В перспективе необходимо перейти на такую практику.

Вторым важным обстоятельством, из которого следует делать выводы, являются низкие активности передаваемых на захоронение РАО (рис. 8). Причем это относится и к РАО, накопленным в народном хозяйстве, и к определенным категориям РАО с энергоблоков АЭС.

Подавляющее количество упаковок следовало бы отнести к категории ОНРАО, которая до настоящего времени отсутствует в тарифах на захоронение. Обстоятельства происхождения (накопленные в прошлом РАО) и этапа развития (начало работ по удалению)

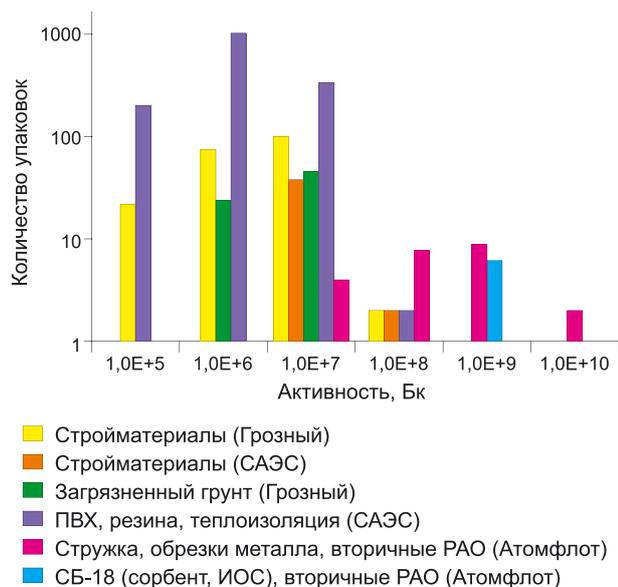


Рис. 8. Распределение по активности упаковок РАО, передаваемых на захоронение

в определенной мере объясняют ситуацию, но для будущего нужно сделать два вывода. Во-первых, эксплуатирующим организациям следует избегать подобных ситуаций при обращении с вновь образующимися отходами. Во-вторых, необходимо выделять ОНРАО в отдельный класс, установить тариф и планировать сооружение соответствующих пунктов захоронения РАО.

Проблемным обстоятельством является и отсутствие четких представлений о технологиях обращения с некоторыми видами РАО АЭС, в том числе битумированными отходами, и отсутствие публикаций по еще более крупной проблеме — обращению с графитовыми отходами АЭС и РАО от вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС.

Консервация пунктов размещения особых РАО

Накопленный в предшествующие годы опыт [1] показал, что оптимальными исполнителями работ по консервации пунктов размещения особых РАО являются эксплуатирующие организации. Возможность выполнить значительные физические объемы работ, наличие достаточного количества специализированной техники и инфраструктуры для ее обслуживания, а также стоимость выполнения работ являются наиболее важными критериями для выбора исполнителя и успешного достижения результата в установленные сроки. Сторонними организациями в этих проектах выполняются, как правило, специальные работы либо небольшие проекты типа КИРО или отработки отдельных технологий.

Наиболее масштабные работы проводились на бассейнах-хранилищах РАО Б-1 и Б-25 АО «СХК».

Бассейны представляют собой открытое хранилище ЖРО, по дну и откосам которого уложен глиняный экран. Емкость бассейнов составляет 150 000 и 130 000 м³ соответственно. В рамках ФЦП ЯРБ-1 был завершен 1 этап проекта консервации бассейна Б-1 — перекрытие (засыпка) акватории бассейна с целью снижения уровня радиационного воздействия на персонал, а также консервация радиоактивной пульпы на дне бассейна. С 2016 года в рамках ФЦП ЯРБ-2 начаты работы 2 этапа проекта консервации бассейна Б-1 — окончательная консервация бассейна и устройство верхнего изолирующего экрана.

На схеме (рис. 9) приведены основные этапы консервации бассейна Б-1. В 2016 году начаты работы по разборке дамб обвалования и перемещение грунта из дамб на территорию бассейна. Разборка дамб выполняется с целью доступа к верхней части существующего глиняного экрана. Вскрытие верха необходимо для последующего надежного соединения в «замок» нового глиняного экрана с верхом существующего (рис. 10).

Технология консервации бассейна подразумевает послойную засыпку акватории бассейна, после завершения отсыпки и планировки защитного слоя грунта выполнена отсыпка фильтрующего (дренажного) слоя из щебня.

В 2018 году проведены работы по укладке глиняного экрана, который предотвращает проникновение атмосферных осадков (рис. 11). На 2019—2020 годы запланировано продолжение работ. Будет уложен защитный слой толщиной 1 метр поверх глиняного экрана с целью защиты его от внешних воздействий. Также будет оборудована система радиационного мониторинга законсервированного объекта и дренаж вокруг бассейна для отвода и атмосферных осадков. Также в 2016 году начата реализация проекта консервации бассейна Б-25. Технология консервации бассейна Б-25 аналогична Б-1. В 2017 году завершен подготовительный этап, в последующие 3 года будет произведена засыпка бассейна и устройство глиняного экрана. В 2020 году планируется завершение всех работ по консервации бассейнов Б-1 и Б-25, что существенно снизит потенциальные радиационные риски для площадки АО «СХК».

Одновременно с этим проводились работы по подготовке к консервации наземных хранилищ ТРО на площадке 16 химико-металлургического завода, которые исчерпали свой проектный объем.

Относительно небольшие по объемам финансирования из средств ФЦП, но важные работы выполнялись на объектах ФГУП «ПО «Маяк». В рамках этих работ осуществлялось наблюдение и выполнялись корректирующие действия на двух уникальных объектах. Это бывшее

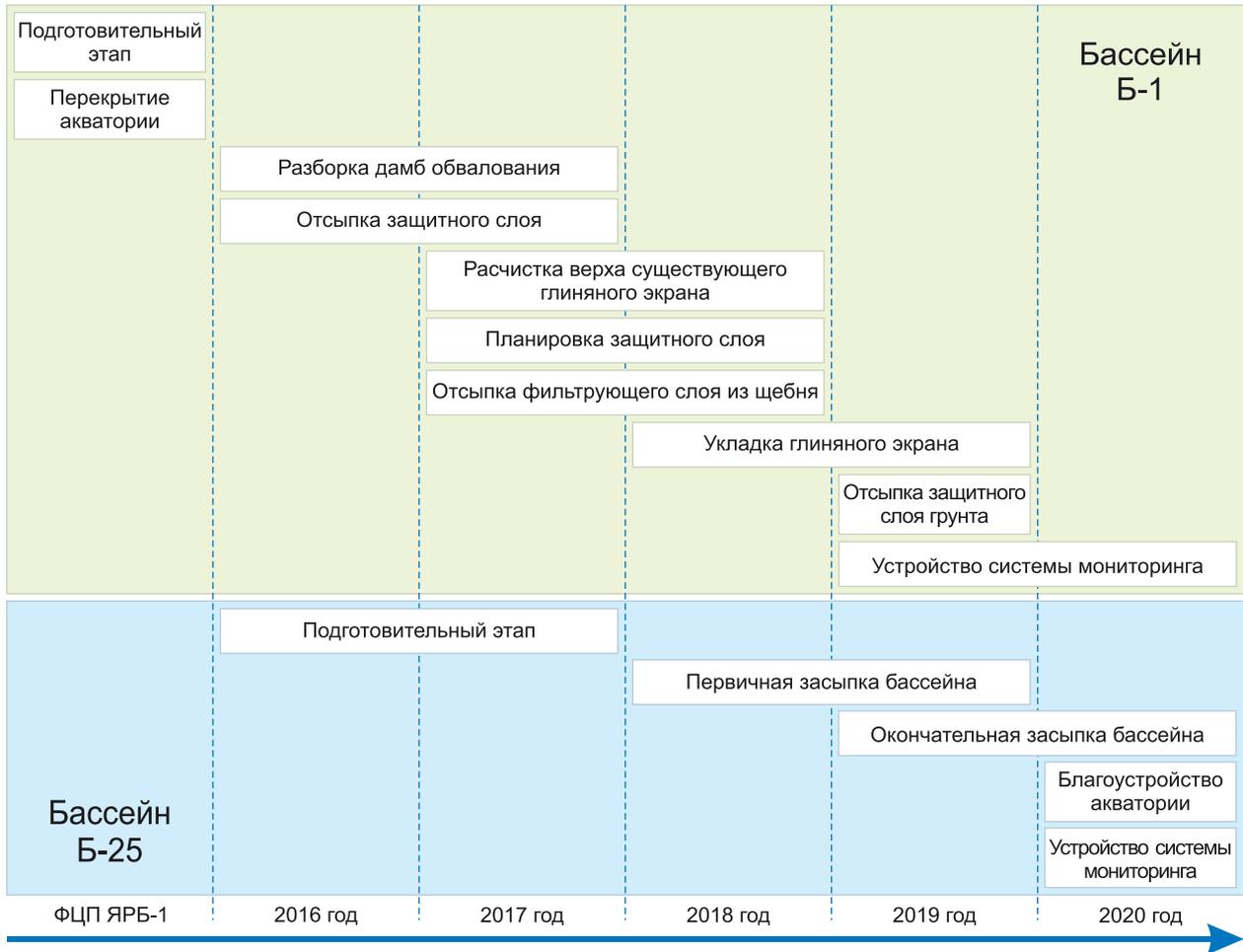


Рис. 9. Схема этапов консервации бассейнов Б-1 и Б-25



Рис. 10. Разборка дамб обвалования и планировка защитного слоя



Рис. 11. Укладка и уплотнение глиняного экрана

хранилище ЖРО В-9, которое является рекордным по накопленной активности РАО, и Теченский каскад водоемов, который занимает первое место по объемам хранимых ЖРО.

В целом необходимо отметить, что мониторинг проводится на всех объектах консервации. В работах [3, 4, 5, 6] представлено описание систем мониторинга, в том числе по объектам ГХК, бывшему хранилищу В-9 на ФГУП «ПО «Маяк», ПУГР ЭИ-2 и ряду других. Эксплуатация созданных систем мониторинга должны подтвердить безопасность выполненных работ и дать основу для оптимизации решений по следующим объектам консервации накопленных РАО.

К этой же группе относятся работы по приведению в безопасное состояние объектов Кирово-Чепецкого отделения филиала «Приволжский территориальный округ» ФГУП «РосРАО». В результате прошлой деятельности Кирово-Чепецкого химического комбината произошло радиоактивное загрязнение основных производственных корпусов, грунтов под этими корпусами, мест обращения с РАО и прилегающей территории. Значимый объем работ по этой площадке был выполнен в рамках ФЦП ЯРБ-1, но их полное завершение еще впереди. В рамках ФЦП ЯРБ-2 были начаты две работы. В первой разработана рабочая документация по выполнению комплекса мероприятий по восстановлению защитных функций инженерных барьеров подземных емкостей-хранилищ РАО — № 25/1-5, № 97. Мероприятия включают создание по всему периметру противодиффузионной завесы, предотвращающей миграцию радионуклидов в окружающую среду, в сочетании с многофункциональным защитным экраном,

предотвращающим воздействие внешних природных факторов на массив РАО.

В рамках второй работы проведено обследование хранилища РАО — корпуса № 93, которое не эксплуатируется с 1991 года и находится в аварийном состоянии. По его результатам разработан и утвержден проект производства работ по дезактивации, демонтажу и утилизации технологического оборудования.

Подводя краткие итоги этой группы работ, наравне с выраженным прогрессом, важно отметить и ряд проблем, которые требуется в кратчайшее время решить. Это проблематика лицензирования таких работ, в том числе изменение категории объекта. Подобные вопросы встречались и в прошлом, в том числе при работах ОДЦ УГР по ПУГР ЭИ-2. Это требования нормативной базы о сроках подготовки необходимых документов для вывода объектов из эксплуатации, проблематика заказчика работ по консервации, переводу в ПЗРО, передаче их в НО РАО.

Развитие инфраструктуры захоронения РАО

Законом определено, что ФГУП «НО РАО» выполняет функции заказчика проектирования и сооружения ПЗРО. Он же обеспечивает их эксплуатацию и закрытие. Работы по созданию ПЗРО финансируются из двух источников — за счет созданного, в соответствии с законом, специального резервного фонда и за счет средств федерального бюджета. Кроме этого, ФГУП «НО РАО» эксплуатирует полигоны глубинного захоронения ЖРО. Обзор ведущихся в рамках ФЦП ЯРБ-2 работ целесообразно рассмотреть в контексте общего состояния системы захоронения и ключевых задач (табл. 3).

Таблица 3. Состояние развития системы захоронения ЕГС РАО

Тип ПЗРО	Объект (ы)	Состояние объекта	Ключевые задачи
ПЗРО для РАО классов 1 и 2	Нижнеканский массив	Начато сооружение ПИЛ	Ввод в эксплуатацию ПИЛ в 2025 году
ПЗРО для РАО классов 3–4	ПЗРО АО «УЭХК» г. Новоуральск	Эксплуатируется 1-я очередь; началось строительство 2-й очереди	Ввод в 2020 году
	ПЗРО г. Озерск, Челябинская область	ПИР	Ввод в 2021 году
	ПЗРО г. Северск, Томская область	ПИР	Ввод в 2021 году
	ПЗРО г. Сергиев Посад, Московская область	Проектирование хранилища	Ввод в 2023 году
ПЗЗ ЖРО, класс 5	2 ПЗРО в СЗФО и ПФО/ЮФО	Принятие решения о проектировании, размещении и сооружении	Решение по размещению
	Железногорский	Эксплуатируется	Реализация программы по устранению замечаний и разработка концепций закрытия
	Северский	Эксплуатируется	
Димитровградский	Эксплуатируется		
ПЗРО РАО класса 6	Хвостохранилища горнодобывающих и обогатительных предприятий	Прорабатываются вопросы нормативного статуса	Выработка и закрепление нормативного статуса
ПЗРО для ОНРАО	Передача на захоронение осуществляется в централизованные ПЗРО для РАО класса 3–4	Прорабатываются вопросы нормативного статуса	Необходимы решения по созданию объектов и в структуре ФГУП «НО РАО», и в эксплуатирующих организациях

Пункт глубинного захоронения РАО классов 1 и 2

В течение 2016–2018 годов работы по сооружению объекта успешно развивались по нескольким направлениям.

ФГУП «НО РАО», в соответствии со своими обязанностями и полномочиями, осуществил все необходимые работы для получения лицензии на сооружение Подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве (г. Железнодорожск, Красноярский край) в рамках создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) 1 и 2 классов, определил организацию, которая будет осуществлять проектное и строительное сопровождение (АО «Элерон»), и начал строительство ЛЭП для энергообеспечения работ.

ПО ЕГС РАО совместно с ИБРАЭ РАН и ФГУП «НО РАО» организовал разработку стратегического мастер-плана по оценке и обоснованию долговременной безопасности ПЗРО для захоронения РАО 1 и 2 класса в Нижнеканском массиве, который прошел всестороннее обсуждение и утвержден [7]. Подобный документ потребовался в силу мультидисциплинарности и уникальности проекта и необходимости его апробации на международном уровне. Понимание содержания и сроков исследовательских работ и нерешенных задач стало основой для разработки и утверждения Стратегии создания объекта [8]. Заложены основы информационно-аналитической системы обеспечения [9], которая предусматривает формирование Цифровой ПИЛ. На этой основе сформирована детализированная программа работ на ближайшие три года, начата работа по подготовке исходных данных по характеристикам РАО класса 1, накопленным в хранилище остеклованных ВАО завода 235 ФГУП «ПО «Маяк». Имеющаяся в архивах предприятия информация должна быть расширена как в части данных по радионуклидному составу, так и по фактическим физико-химическим характеристикам накопленного алюмофосфатного стекла. В настоящее время уже наработаны методические основы характеризации РАО класса 1 [10] и определены подходы к контролю физико-химических характеристик накопленных РАО. Необходимо отметить, что работы в этом направлении достаточно полно освещаются на страницах данного журнала.

Захоронение РАО классов 3 и 4

В 2016 году начал функционировать первый в системе ЕГС РАО пункт приповерхностного захоронения РАО классов 3 и 4 в районе г. Новоуральск. Некоторые особенности его эксплуатации подробно рассмотрены в работе [11]. В 2018 году в ПЗРО принято на захоронение 3 722,73 м³ РАО, в том числе 1 897,34 м³

с Курской атомной электростанции и ФГУП «Атомфлот».

В 2018 году, в рамках развития мощностей по захоронению РАО 3 и 4 классов, получено разрешение на реализацию проекта «Реконструкция пункта приповерхностного захоронения твердых радиоактивных отходов г. Новоуральск», заключен контракт на выполнение строительно-монтажных работ по объекту. Строительно-монтажные работы 2018 года выполнены в полном объеме и в соответствии с графиком работ. Там же началось строительство второй очереди ПЗРО.

На аналогичных объектах в Сибирском и Уральском федеральных округах (ЗАТО Северск, Томская область, ЗАТО Озерск, Челябинская область) ведутся проектно-исследовательские работы. Основным источником финансирования этих работ — средства из специального резервного фонда на захоронение РАО. К настоящему времени проведены общественные слушания по вопросу размещения этих объектов. Получено положительное заключение Государственной экологической экспертизы по материалам обоснования лицензии на размещение и сооружение ПЗРО в районе ЗАТО Озерск, Челябинская область.

На фоне общего прогресса по ПЗРО данного класса возникают и отдельные методические трудности при проектировании, связанные с необходимостью обоснования долговременной безопасности по всему перечню радионуклидов с ориентацией на полное заполнение хранилища отходами с активностью, соответствующей максимальному значению для РАО, относящихся к классу 3.

Захоронение ЖРО класса 5

В отношении эксплуатации полигонов ПЗЖРО важно отметить два обстоятельства. Во-первых, полигоны эксплуатируются безопасно. Специалистами НО РАО проведен анализ дозовых нагрузок персонала полигонов, в том числе при выполнении ремонтных работ на нагнетательных скважинах [12]. В 2018 году были проведены общественные обсуждения материалов обоснования продления лицензии на эксплуатацию трех пунктов глубинного захоронения жидких РАО 5 класса. Поданы заявки на прохождение Государственной экологической экспертизы в рамках продления действия лицензии. Во-вторых, в отношении полигонов реализуется специальная программа, утвержденная ГК «Росатом» и Ростехнадзором в 2015 году [13] и направленная на устранение замечаний миссии МАГАТЭ. Основная цель программы — более глубокая проработка вопросов их закрытия, в плане обоснования долговременной безопасности. В обеспечение этой цели разработки ведутся и

эксплуатирующей организацией, и по заказам ПО ЕГС РАО. Основной объем работ, предусмотренных мероприятиями ФЦП ЯРБ-2, должен быть выполнен в 2019 г. ФГУП «НТЦ ЯРБ». Кроме того, предусмотрены работы по обоснованию безопасности ПГЗ ЖРО «Северский». В этом направлении специалистами ИФХЭ РАН была проведена оценка влияния микробиологического и коллоидного факторов на процессы миграции компонентов отходов. По результатам исследований проб пластовой жидкости, отобранных из наблюдательных скважин как в зоне размещения компонентов отходов, так и вне ее, были получены важные результаты, позволяющие оценить вклад этих процессов в изменение химического состава подземных вод и миграции в них компонентов отходов. В работе [14] подведены итоги микробиологических исследований на полигонах захоронения ЖРО, но сложность и недостаточная изученность влияния микробиологических процессов на долгосрочную безопасность ПГЗ ЖРО требуют безусловного продолжения этих работ. Отметим, что вопросы по исследованности роли этого фактора постоянно сопровождали рассмотрение национальных докладов Российской Федерации на совещаниях Договаривающихся сторон в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, проходящих под эгидой МАГАТЭ.

Кроме того, в рамках упомянутых мероприятий специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии» была разработана программа исследований для уточнения параметров геологической и геомиграционной моделей ПГЗ ЖРО и требований к ним, а также концептуальной и математической модели нормального и альтернативного сценариев эволюции ПГЗ ЖРО «Северский».

Выполненные работы позволили существенно расширить доказательную базу долгосрочной безопасности и получить представление о направлении дальнейших исследований в этой области.

Захоронение РАО класса 6 и ОНРАО

Напомним, что в соответствии с действующей классификацией [15] к классу 6 относятся РАО, образующиеся при добыче и переработке урановых руд, а также при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов. Основной объем таких РАО образуется на ППГХО и размещается в действующем хвостохранилище, соответствующем по своим характеристикам пункту размещения особых РАО. Сами РАО,

размещаемые в хвостохранилище, по уровню удельной активности относятся к категории ОН-РАО, что и служит основанием для совместного рассмотрения проблематики по их захоронению. В целом по пунктам захоронения РАО данного типа есть ряд нерешенных проблем нормативно-го статуса.

Специально предусмотренные законодательством положения в отношении категории очень низкоактивных РАО до настоящего времени не реализуются в полном объеме. Зарубежный опыт [16], тем не менее, очень ярко свидетельствует в пользу отдельного захоронения отходов этой категории. Ситуация может быть разрешена в нескольких вариантах — и в варианте установления отдельного тарифа, и в установлении более прозрачного порядка в части финансового обеспечения деятельности по захоронению ОНРАО на площадках эксплуатирующих организаций и эксплуатации соответствующих ПЗРО. Эти вопросы, как и вопросы нормативного статуса ПЗРО класса 6, в настоящее время прорабатываются.

Отдельно остановимся на проблематике промышленных отходов с повышенным содержанием радионуклидов. В отдельных публикациях предлагается включить такие отходы в систему обращения с РАО [17]. Подобное предложение в формулировке обязательного исполнения в настоящее время нецелесообразно. Система обращения с отходами производства и потребления накануне радикальных перемен, поэтому сегодня целесообразно оставить эту проблему эксплуатирующим организациям и решать ее в рамках требований по обращению с промышленными отходами. В случае, если эффективно заработает система захоронения ОНРАО и тарифы на их захоронение будут ниже, чем тарифы на захоронение промышленных отходов, можно будет не налагать жесткого требования на присутствие в них радионуклидов и классифицировать их по принципу места происхождения, как это делается во Франции [18].

НИОКР в обеспечение эффективности и безопасности обращения с РАО

Помимо уже упомянутых исследовательских работ в обеспечение и обоснование безопасности конкретных объектов (ПЗРО, ПГЗ ЖРО), органом управления обращения с РАО был организован комплекс НИР по четырем направлениям — технологиям кондиционирования, нормативному, научному и цифровому обеспечению деятельности.

Технологии кондиционирования РАО

Технологии кондиционирования РАО традиционно считаются ключевыми в системе обращения с РАО. В рамках ЕГС РАО эта

проблематика еще более актуальна, поскольку необходимо обеспечить процессы кондиционирования всех типов РАО и всего диапазона активностей. В связи с этим в составе мероприятий ФЦП ЯРБ-2 предусмотрено направление «Создание и развитие технологий переработки и кондиционирования радиоактивных отходов», в рамках которого реализован комплекс работ, направленных на создание новых, инновационных и эффективных технологий. Естественно, основной акцент на организацию НИР и требования к их результатам по этому направлению был сделан на доведении перспективных работ до практического внедрения. Таких заделов было несколько.

Во-первых, в ГЕОХИ и ИФХЭ РАН на протяжении более чем 10 лет проводились работы по низкотемпературным фосфатным матрицам для отверждения жидких САО. В настоящее время разработанная технология прошла испытания на ФГУП «ПО «Маяк» [19]. Результаты испытаний показали ее эффективность. Полученные компаунды отвечают по физико-химическим свойствам нормативным требованиям НП-019-15 и позволяют сформировать поток РАО класса 2.

Во-вторых, приближаются сроки ввода в эксплуатацию полной цепочки переработки ОЯТ на ОДЦ ГХК. В последние годы АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» в рамках отдельных контрактов по ФЦП ЯРБ 2 и сопровождения проектных работ проводил исследования по отработке и оптимизации режимов работы индукционного плавителя с «холодным» тиглем (ИПХТ) в обеспечение запуска базовой технологии ОДЦ ГХК по переработке ОЯТ. Результатом комплекса экспериментальных исследований в этой области должно стать изготовление оборудования для получения боросиликатного стекла с характеристиками, сопоставимыми или лучшими, чем у зарубежных аналогов, и обеспечение технологического процесса необходимыми методиками, в том числе оценки радиационной стойкости и т. д.

В рамках этой же технологической цепочки рассматривается возможность использования невозвратных тиглей-контейнеров на основе реакционно спеченного карбида кремния (SiC). В настоящий момент эксперименты, направленные на изучение характеристик тиглей-контейнеров из карбида, выявили ряд серьезных вопросов к перспективам использования изделий на их основе в качестве барьера безопасности при захоронении РАО. В первую очередь проблемы связаны с технологическим и конструкционным обеспечением дистанционной заварки крышки тигля-контейнера, влиянием высокой температуры сварки на параметры стекла, отличием свойств сварного шва от свойств материала тигля-контейнера, высокими остаточными напряжениями

в корпусе тигля-контейнера, исключаящими возможность обращения с ними без специальных демпфирующих устройств. К недостаткам также относится высокая стоимость получаемых изделий и необходимость серьезного оснащения объектов использования атомной энергии при обращении с ВАО, размещаемых в тиглях-контейнерах из карбида кремния.

Следует отметить, что к настоящему времени отсутствуют свидетельства обеспечения сохранения герметичности изделий из карбида кремния на горизонте в 1000 лет. Впрочем, эта проблема относится и к другим материалам, рассматриваемым в качестве упаковки РАО.

Нормативно-правовое обеспечение деятельности по обращению с РАО

Нормативно-правовое регулирование деятельности по обращению с РАО является одним из ключевых инструментов повышения эффективности ЕГС РАО. В этой связи проводится работа по его усовершенствованию с учетом правоприменительной практики, полученной в ходе практической деятельности в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2.

В 2016 году ФГУП «НТЦ ЯРБ» была реализована работа по анализу национальной нормативной базы и документов МАГАТЭ и разработаны предложения по совершенствованию требований нормативных документов, ориентированных на перевод ЯРОО в безопасное состояние с их последующей ликвидацией, созданию инфраструктуры по переработке, хранению и захоронению РАО.

Одна из значимых работ в этой области была реализована в 2017 году. Она предусматривала развитие организационно-финансовой модели функционирования ЕГС РАО в полном ее понимании. Целью работ являлись проведение комплексного анализа имеющейся практики по обращению с РАО и выработка предложений по оптимизации организационно-финансовой модели обращения с РАО, включая корректировку нормативно-правового регулирования в данной области. Основной замысел данной работы и ее основные промежуточные результаты были представлены в работе [20]. Стоит отметить проявившиеся различия в понимании сущности организационно-финансовой модели в соответствии с профессиональными интересами. Так, участники рабочей группы от ФГУП «НО РАО», которые представляли финансовый блок организации, трактовали рамки этой модели исключительно как процессы формирования финансового обеспечения деятельности по захоронению и сопутствующим им вопросам налогообложения и бухучета. Как следствие, проблематика, связанная с деятельностью по созданию ПЗРО (лицензирование, сооружение, нормативные требования и пр.), фактически не

обсуждалась. Работы по данному направлению продолжаются.

В течение 2018 года подготовленный по результатам работы текст законопроекта по внесению изменений в Федеральный закон №190-ФЗ рассматривался в организациях отрасли. В 2019—2020 годах законопроект планируется вынести на межведомственное согласование.

В настоящее время ведется также работа, направленная на создание руководящих документов, способствующих внедрению наилучших практик в области обращения с РАО в Российской Федерации. Она включает разработку руководства по безопасности, в рамках которого даются рекомендации по применению метода радионуклидного вектора для характеристики РАО в ЯТЦ. Реализация подобного подхода позволит существенно сократить затраты на паспортизацию РАО, а также получить данные по расширенному радионуклидному составу, включая те радионуклиды, которые определяют долгосрочную безопасность ПЗРО.

Одновременно разрабатывается руководство по безопасности, посвященное проверке выполнения критериев приемлемости РАО для захоронения. Установление единообразного подхода к данному вопросу, включая статистические критерии для проверки кондиционированных РАО, позволит исключить риски непринятия РАО для захоронения по итогам контроля их характеристик.

Разработка научного инструментария для анализа и оценки безопасности объектов за пределами установленного срока их эксплуатации

Значение расчетных кодов (программных средств) и экспериментальной базы для их верификации при создании объектов ядерной техники хорошо известно и четко зафиксировано в документах Ростехнадзора, в том числе с процедурами их аттестации (экспертизы). Аналогичная работа организована и для целевых объектов ФЦП ЯРБ, в том числе с учетом требований импортонезависимости. Большой объем работ в этом направлении выполняет ИБРАЭ РАН. Разрабатываемая специалистами этого института методология комплексного обоснования безопасности объектов ядерного наследия и ПЗРО должна интегрировать в единую систему различные по своему назначению расчетно-прогностические комплексы. Некоторые из разрабатываемых и применяемых расчетных программ уже описаны в работах [21, 22]. Важно отметить, что в рамках разработки осуществляется одновременная апробация создаваемых расчетных программных комплексов (РПК) на реальных задачах по обоснованию безопасности в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ-2, включая обоснование безопасности

ПЗРО и ПЗ ЖРО. Эта тема заслуживает отдельного рассмотрения. В целом к настоящему времени можно отметить, что за последние три года в расчетный арсенал средств по анализу и обоснованию безопасности ПХРО после аттестации включены такие коды как: GeRa (геомиграционный код разработки ИБРАЭ РАН), НИМ-ФА (геомиграционный код разработки ВНИИ-ЭФ), ГЕОПОЛИС (постоянно действующий для ПЗ ЖРО в Железногорске).

Отдельного внимания заслуживает информационная база поддержки принятия решений в области обращения с РАО, в том числе СГУК РВ и РАО. Продемонстрированные в ходе работ по ПЗРО возможности современных информационных технологий и расчетных кодов, в том числе в части создания полномасштабных цифровых моделей объектов и технологий (ИБРАЭ РАН и ГП «НЕОЛАНТ»), наглядно показывают, что предварительная цифровая реализация объекта на стадии проектирования позволяет избежать существенных потерь, связанных с последующим исправлением ошибок уже в ходе сооружения объектов.

Безусловно, не все задачи к настоящему моменту решены. В частности, необходимо довести до практической имплементации разработанные предложения по критериям классификации РАО и критериям отнесения РАО к особым и удаляемым. Значительный потенциал видится в трансформации информационного обеспечения СГУК РВ и РАО до уровня обеспечения оперативного принятия управленческих решений на основе понятно собираемой и обрабатываемой в нужном ключе информации с современным интерфейсом. Развитие современных методов цифрового моделирования позволит минимизировать в конечном итоге риски срыва создания объектов инфраструктуры или перерасхода средств федерального бюджета. Первые практические результаты уже были продемонстрированы при применении цифровых моделей в рамках проекта по созданию ПЗРО в Нижнеканском массиве. В идеале деятельность по обращению с РАО (включая их образование в ходе производственной деятельности и работ по ВЭ ОИАЭ) должна быть оцифрована полностью, с момента их образования до захоронения в ПЗРО.

Мониторинг объектов

В период 2008—2015 годы осуществлены разработка структуры отраслевой системы объектного мониторинга состояния недр (ОМСН) и ее внедрение на 55 предприятиях Госкорпорации «Росатом». Отраслевая система необходима на всех стадиях жизненного цикла ЯРОО. Она должна постоянно и регулярно обеспечивать достоверными данными разработку и верификацию

постоянно действующих геомиграционных моделей для всех экологически значимых предприятий (объектов) Госкорпорации «Росатом». С 2016 года аналитическая информационная система ОМСН была внедрена еще на 20 предприятиях (объектах), что позволит адекватно интерпретировать данные мониторинга недр для оценки текущего состояния площадок с точки зрения воздействия на поверхностные и подземные воды.

В работах [3, 4, 5, 6] показаны реализуемые направления и методы мониторинга пунктов хранения РАО, подтверждающие надежность существующих барьеров безопасности на пути вероятного распространения радионуклидов.

Заключение

1. Изложенный материал позволяет оценить состояние работ по трем, предусмотренным Основами госполитики, задачам:

Задача кондиционирования и захоронения РАО успешно реализуется и соответствует по объемам и темпам значениям целевых показателей, предусмотренным ФЦП ЯРБ-2 как в части работ по удалению РАО и консервации особых РАО, так и в части сооружения ПЗРО. При этом качество выполняемых работ следует определить как удовлетворительное и имеющее выраженные перспективы повышения эффективности.

По задаче интеграции знаний для разработки научно обоснованных методов обеспечения долговременной безопасности пунктов глубинного и приповерхностного захоронения РАО работы успешно ведутся, а важные компоненты методологии и отдельные расчетные средства уже применяются на практике.

Задача совершенствования механизмов функционирования центрального, ведомственных и региональных информационно-аналитических центров СГУК РВ и РАО и обмена информацией между ними находится в стадии активного решения. В настоящее время прорабатывается вариант глубокой трансформации информационного обеспечения СГУК РВ и РАО с учетом Единой цифровой стратегии Росатома.

2. В рамках статьи задан предварительный алгоритм обзора работ, выполненных в рамках ФЦП ЯРБ-2. Попытка ориентирована на журнал «Радиоактивные отходы» как первый рецензируемый научно-технический журнал, ориентированный исключительно на специалистов, работающих в сфере обращения с РАО. В конечном виде этот алгоритм будет предусматривать обязательность представления исполнителями важнейших результатов работ на страницах данного журнала по формуле «что сделано, что получилось, в чем проблемы, как можно лучше». Естественно, что и

в этом варианте возможны обобщающие статьи специалистов органов управления. Второй функционал журнала, а именно обсуждение перспектив развития в профессиональном сообществе, предлагается апробировать на теме «Совершенствование структуры и процессов СГУК РВ и РАО».

Литература

1. *Абрамов А. А., Дорофеев А. Н.* Современное состояние и перспективы развития системы обращения с РАО в Российской Федерации // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 11–22.
2. *Качан П. П., Краснов И. М., Стахов М. Р.* Опыт эксплуатации комплекса переработки радиоактивных отходов на Смоленской АЭС // Радиоактивные отходы. 2018. № 1 (2). С. 33–41.
3. *Гаврилов П. М., Антоненко М. В., Друзь Д. В., Чубреев Д. О.* Мониторинг пунктов размещения особых РАО ФГУП «ГХК» // Радиоактивные отходы. 2018 № 3 (4). С. 50–59.
4. *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.
5. *Павлюк А. О., Котляревский С. Г., Марков С. А., Шатров М. В.* Организация и результаты мониторинга пункта хранения радиоактивных отходов, созданного при выводе из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2 // Радиоактивные отходы. 2018. № 3 (4). С. 69–77.
6. *Глинский М. Л., Глаголев А. В., Котлов В. Ф.* Мониторинг состояния недр в районах расположения ядерно и радиационно опасных объектов и оценка безопасности их долгосрочной эксплуатации // Радиоактивные отходы. 2018. № 3 (4). С. 78–86.
7. *Большов Л. А., Линге И. И., Уткин С. С., Савельева Е. А., Дорофеев А. Н.* Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности сооружения, эксплуатации и закрытия пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 33–42.
8. *Крюков О. В.* Краткий комментарий к утверждению «Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 16–17.
9. *Свительман В. С., Савельева Е. А., Бутов Р. А., Линге Ин. И., Дорофеев А. Н., Тихоновский В. Л.* Информационно-аналитическая платформа программы исследований по обоснованию долговременной безопасности российского ПЗРО // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 79–87.
10. *Ремизов М. Б., Козлов П. В., Борисенко В. П., Деметьева И. И., Блохин П. А., Самойлов А. А.* Разработка алгоритма оценки радионуклидного состава остеклованных ВАО ФГУП «ПО «Маяк» для

цели их безопасного захоронения // Радиоактивные отходы. 2018. № 3(4). С. 102—110.

11. *Пронь И. А., Коновалов В. Ю.* Опыт эксплуатации приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 классов // Радиоактивные отходы. 2018. № 4(5). С. 8—14.

12. *Ведерникова М. В., Пронь И. А., Савкин М. Н., Цебаковская Н. С.* Дозы облучения персонала и населения при нормальной эксплуатации пунктов захоронения радиоактивных отходов. // Радиационная гигиена. 2017. № 10(3) С. 57—65.

13. *Линге И. И., Уткин С. С., Хамаза А. А., Шарафутдинов Р. Б.* Опыт применения международных требований по обоснованию долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов: проблемы и уроки // Атомная энергия. 2016. Вып. 120. С. 201—208.

14. *Сафонов А. В., Захарова Е. В., Назина Т. Н., Позин А. В., Зубков А. А.* Российский опыт микробиологических исследований подземных вод в зоне глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2018. № 3(4). С. 39—49.

15. Постановление Правительства РФ 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».

16. *Абалкина И. Л.* Опыт захоронения ОНАО: перспективы для России // Радиоактивные отходы. 2018. № 4(5). С. 15—23.

17. *Иванов Е. А., Шаров Д. А., Курындин А. В.* Актуальные проблемы классификации удаляемых твердых радиоактивных отходов, образующихся при использовании атомной энергии. // Ядерная и радиационная безопасность, № 2 (88) — 2018.

18. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО — М.: Изд-во «Комтехпринт», 2015. 208 с.

19. *Винокуров С. Е., Куликова С. А., Крупская В. В., Мясоедов Б. Ф.* Магний-калий-фосфатная матрица для отверждения среднеактивных отходов, содержащих актиниды и нитрат аммония // Радиоактивные отходы. 2018. № 2(3). С. 105—113.

20. *Дорофеев А. Н., Линге И. И., Самойлов А. А., Шарафутдинов Р. Б.* К вопросу финансово-экономического обоснования повышения эффективности нормативной базы ЕГС РАО // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 23—32.

21. *Дробышевский Н. И., Моисеенко Е. В., Бутов Р. А., Токарев Ю. Н.* Трёхмерное численное моделирование теплового состояния пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в Нижнеканском массиве горных пород // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 65—74.

22. *Румынин В. Г.* Опыт изучения глинистых толщ и кристаллических массивов как геологических сред для окончательной изоляции РАО // Радиоактивные отходы. 2017. № 1. С. 43—54.

Информация об авторах

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, г. Москва, ул. Большая Ордынка, 24), e-mail: AAABramov@rosatom.ru.

Дорофеев Александр Николаевич, кандидат технических наук, руководитель проектного офиса «Формирование единой государственной системы обращения с РАО «Госкорпорация «Росатом» (19017, Москва, ул. Большая Ордынка, 24), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

Дерябин Сергей Александрович, старший менеджер, Управление разработки и реализации программ реабилитации объектов наследия, Госкорпорация «Росатом» (119017, г. Москва, ул. Большая Ордынка, 24), e-mail: SeADeriybin@rosatom.ru.

Библиографическое описание статьи

Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Дерябин С. А. Развитие ЕГС РАО в рамках работ по федеральной целевой программе обеспечения ядерной и радиационной безопасности // Радиоактивные отходы. 2019. № 1(6). С. 8—24.

DEVELOPMENT OF USS RW IN THE FRAMEWORK OF FEDERAL TARGETED PROGRAM OF NUCLEAR AND RADIATION SAFETY ASSURANCE

Abramov A. A., Dorofeev A. N., Deryabin S. A.

State Corporation "Rosatom", Moscow, Russian Federation

The article was received on 20 February 2019

The article summarizes the achievements of the federal targeted program "Nuclear and radiation safety assurance for 2016–2020 and for the period up to 2030" in key fields of radioactive waste management. Results are described for the most significant of the projects, the encountered problems are analyzed, and the directions of further actions aimed at enhancement of organization of works to achieve the highest level of economic and social effectiveness are identified.

Keywords: Federal targeted program, radioactive waste, decommissioning, nuclear legacy sites, Unified state system for radioactive waste management, Unified state system for accounting and control of radioactive materials and radioactive waste.

References

1. Abramov A. A., Dorofeev A. N. Current state and prospects of development of RW management system in the Russian Federation. *Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 11–22. (In Russian).
2. Katchan P. P., Krasnov I. M., Stakhiv M. R. Experience of operation of radioactive waste reprocessing complex at Smolensk NPP. *Radioactive Waste*, 2018, no. 1 (2), pp. 33–41. (In Russian).
3. Gavrilov P. M., Antonenko M. V., Druz D. V., Chubreev D. O. Monitoring of special RW storage facilities at FSUE "MCC". *Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 50–59. (In Russian).
4. Mokrov Yu. G., Aleksakhin A. I. Monitoring — a foundation of safety assurance in the activities on conservation of lake Karachay. *Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 60–68. (In Russian).
5. Pavlyuk A. O., Kotlyarevsky S. G., Markov S. A., Shatrov M. V. Organization and results of monitoring of special radioactive waste storage facility created in process of decommissioning of uranium-graphite industrial reactor EI-2. *Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 69–77. (In Russian).
6. Glinskiy M. L., Glagolev A. V., Kotlov V. F. Subsoil monitoring at the sites of nuclear- and radiation-hazardous facilities and long-terms safety assessment. *Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 78–86. (In Russian).
7. Bolshov L. A., Linge I. I., Utkin S. S., Savelyeva E. A., Dorofeev A. N. Strategic Master-Plan for R&D demonstrating the safety construction, operation and closure of a deep geological disposal facility for radioactive waste. *Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 33–42. (In Russian).
8. Kryukov O. V. Brief commentary to the approval of "Strategy for establishment of a deep radioactive waste disposal facility". *Radioactive Waste*, 2018, no. 2 (3), pp. 16–17. (In Russian).
9. Svitelman V. S., Savelyeva E. A., Butov R. A., Linge I. I., Dorofeev A. N., Tikhonovsky V. L. Information and analytical environment of the research program for development of Russian deep geological repository safety case. *Radioactive Waste*, 2018, no. 2 (3), pp. 79–87. (In Russian).
10. Remizov M. B., Kozlov P. V., Borisenko V. P., Demytyeva I. I., Blokhin P. A., Samoylov A. A. Development of an algorithm for assessment of radionuclide composition of vitrified HLW of FSUE "PA "Mayak" for the purposes of their safe disposal. *Radioactive Waste*, 2018, no. (4), pp. 102–110. (In Russian).
11. Pron I. A., Konovalov V. Yu. Experience of operation of near-surface disposal facility for radioactive waste of 3 and 4 classes. *Radioactive Waste*, 2018, no. 4 (5), pp. 8–14. (In Russian).
12. Vedernikova M. V., Pron I. A., Savkin M. N., Tsebakovskaya N. S. Personnel and population exposure doses for normal operation of radioactive waste disposal facilities. *Radiation Hygiene*, 2017, no. 10 (3), pp. 57–65. (In Russian).
13. Linge I. I., Utkin S. S., Khamaza A. A., Sharafutdinov R. B. Experience of application of international requirements to long-term safety cases for radioactive waste disposal facilities: problems and lessons learnt. *Atomnaya energiya*, 2016, Iss. 120, pp. 201–208. (In Russian).
14. Safonov A. V., Zakharova E. V., Nazina T. N., Ponizov A. V., Zubkov A. A. Russian experience of microbiological investigation of groundwater from the zone of liquid radioactive waste deep disposal. *Radioactive Waste*, 2018, no. 3 (4), pp. 39–49. (In Russian).
15. Decree of the Government of the Russian Federation of 19 October 2012, no. 1069 "On the criteria of designation of solid, liquid and gaseous waste as radioactive waste, criteria of radioactive waste designation as special radioactive waste and removable radioactive waste and criteria of classification of removable radioactive waste" (In Russian).

16. Abalkina I. L. Experience of VLLW disposal: prospects for Russia. *Radioactive Waste*, 2018, no.4(5), pp. 15–23. (In Russian).
17. Ivanov E. A., Sharov D. A., Kuryndin A. V. Topical problems of classification of removable solid radioactive waste generated in atomic energy use. *Nuclear and Radiation Safety*, iss. no.2(88), 2018. (In Russian).
18. Overview of foreign practices of SNF and RW disposal. M.: “Komtekhpriint”, 2015, 208 p. (In Russian).
19. Vinokurov S. E., Kulikova S. A., Krupskaya V. V., Myasoedov B. F. Magnesium potassium phosphate matrix for solidification of intermediate level waste containing actinides and ammonium nitrate. *Radioactive Waste*, 2018, no.2(3), pp. 105–113. (In Russian).
20. Dorofeev A. N., Linge I. I., Samoylov A. A., Sharafutdinov R. B. On financial and economic justification of increasing the effectiveness of regulatory USS RW basis. *Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 23–32. (In Russian).
21. Drobyshevsky N. I., Moiseenko E. V., Butov R. A., Tokarev Yu. N. Three-dimensional numerical modeling of the thermal state of the deep radioactive waste disposal facility in the Nizhnekansk granitoid mass. *Radioactive Waste*, 2017, no. 1, pp. 65–74. (In Russian).
22. Rumynin V. G. Experience of studying clay masses and crystalline core-areas from the point of view of geological environments for final isolation of RW. *Radioactive Waste*, 2017, no.1, pp. 43–54. (In Russian).

Information about the authors

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 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.

Deryabin Sergey Aleksandrovich, Senior Manager, Department for the Development and Implementation of Nuclear Legacy Remediation Programs, State Corporation «Rosatom» (24, Bolshaya Ordynka st., Moscow, 119017, Russia), e-mail: SeADeryabin@rosatom.ru.

Bibliographic description

Abramov A. A., Dorofeev A. N., Deryabin S. A. Development of USS RW in the Framework of Federal Targeted Program of Nuclear and Radiation Safety Assurance. *Radioactive Waste*, 2019, no.1(6), pp. 8–24. (In Russian).