

# СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАСТЕР-ПЛАН ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЗАКРЫТИЯ ПУНКТА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А. Н. Дорофеев

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

Л. А. Большов, И. И. Линге, С. С. Уткин, Е. А. Савельева

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Статья поступила в редакцию 21 сентября 2017 г.

---

*В статье рассмотрены факторы, определяющие текущее состояние проекта создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов с позиции научного сопровождения. Изложены основные принципы и обоснованы ключевые направления программы научных исследований, в том числе в подземной лаборатории, для оценки и обоснования безопасности объекта на все этапах жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, пункт глубинного захоронения, подземная исследовательская лаборатория, стратегический мастер-план, оценка и обоснование безопасности.

Мировой опыт демонстрирует, что создание пунктов глубинного захоронения РАО (ПГЗРО) — чрезвычайно сложная проблема, требующая длительных и масштабных усилий по разработке научно-технических основ и инструментария для оценки и обоснования долговременной безопасности, а также неизбежной оптимизации характеристик объекта [1–6]. Реализация таких проектов проходит, как правило, в условиях критично острой оценки со стороны общественности и иных заинтересованных участников. Причина — как в традиционной абсолютизации восприятия радиационных рисков, так и в практически необратимом характере решений по размещению долгоживущих РАО. Как следствие — решения о прекращении работ по ряду объектов, принятые на высшем уровне в США, Германии и ряде других стран или декларируемая концепция обратимого захоронения РАО (Франция и др.).

Возможно, именно это наряду с объективным отсутствием необходимости интенсифицировать работы по захоронению ОЯТ и ВАО (в отличие от НАО, объемы которых на порядки больше) и стало причиной того, что первый за более чем 40-летнюю на тот момент историю исследований

по проблеме геологического захоронения РАО документ МАГАТЭ увидел свет в 2001 г. [1], а второй — справочник по опыту проведения и интерпретации экспериментов в подземных исследовательских лабораториях (ПИЛ) — разрабатывается только в настоящее время. Логика этого документа также отражает видение МАГАТЭ места и роли исследовательских работ в проекте создания ПГЗРО (рис. 1).

В рамках настоящей статьи подробно остановимся на направлениях «Программа исследований проекта» и «Работы в подземной исследовательской лаборатории». Их принципиальными особенностями являются широта исследовательских задач и итерационный подход, направленные на формирование доверия к результатам по обоснованию и обеспечению безопасности. Соответствующие программы включают мероприятия по различным аспектам подготовки РАО к захоронению, оценки и обоснования безопасности, реализуемости сооружения объекта. Принципиально важный и наиболее наукоемкий объем работ должен быть выполнен в реальных условиях ПИЛ.

В период 1990–2015 гг. в Российской Федерации в рамках создания ПГЗРО был реализован

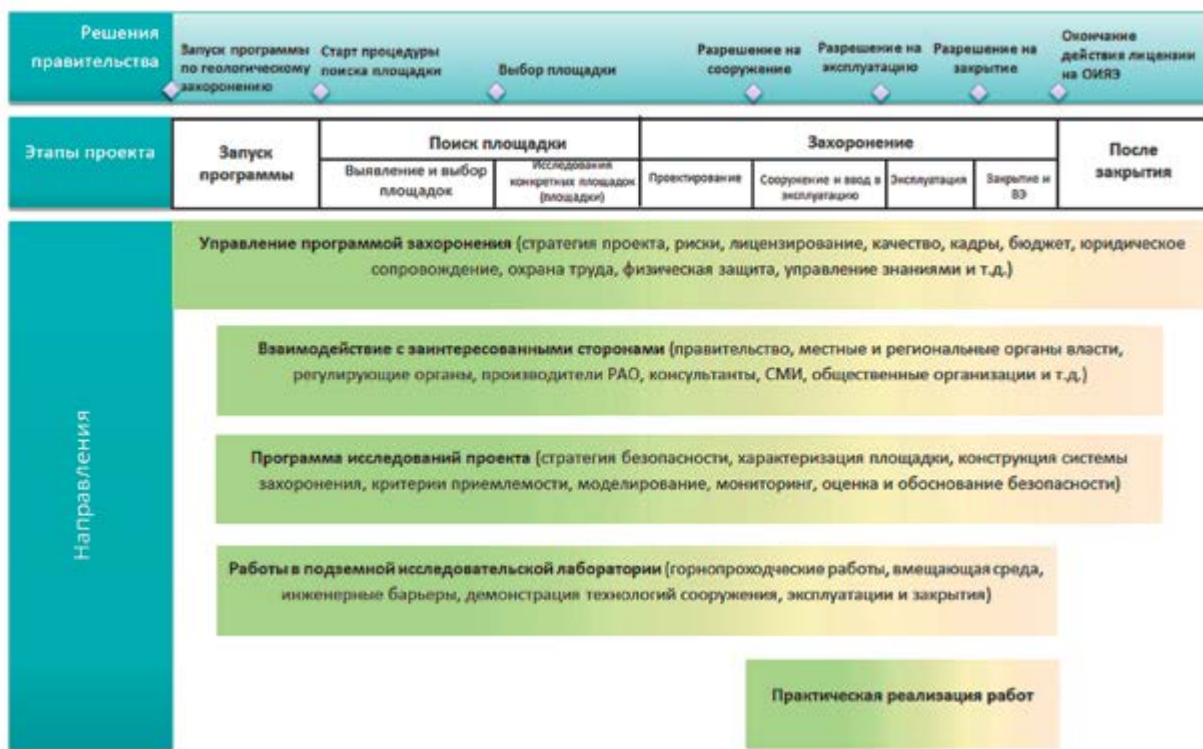


Рис. 1. Общая логика организации работ по созданию ПГЗРО

комплекс изыскательских и проектных работ (рис. 2).

В период до 2007 г. выполнение работ сопровождалась их более-менее регулярным рассмотрением в научном сообществе [2, 3]. Условия реализации работ по проекту в период 2008–2013 гг., напротив, не только не предусматривали необходимости, но и исключали возможность привлечения широкого круга специалистов к экспертизе и оценке качества проектных решений.

В последние годы ситуация принципиально изменилась. В 2016 г. ФГУП «НО РАО» был разработан ключевой документ — «Отчет по обоснованию безопасности деятельности по размещению и сооружению не относящегося к ядерным установкам пункта хранения РАО, создаваемого в соответствии с проектной документацией на строительство объектов окончательной изоляции РАО (Красноярский край, Нижнеканский массив) в составе подземной исследовательской лаборатории». Уже весной 2016 года эти материалы были представлены на секции № 1 НТС № 10 Госкорпорации «Росатом», а затем и поданы в Ростехнадзор для получения соответствующей лицензии. В обоих случаях по итогам рассмотрения были сформированы развернутые замечания.

На нынешнем этапе жизненного цикла проекта требуется определение более гибкой стратегии, в рамках которой будет предусмотрено:

- внесение корректив в проект, в том числе для выделения компонент, которые могли бы стать законченными объектами строительства, и отнесения решения ряда значимых вопросов по



Рис. 2. Основные этапы жизненного цикла ПГЗРО (реализованные и планирующиеся)

компоновке, безопасности и сооружению на временной период исследований в ПИЛ;

- сооружение традиционных исследовательских проходок и выработок в ПИЛ и подготовка к проведению в них необходимых экспериментов (аналитическое и методическое сопровождение, оборудование и т.д.);
- работы по апробации ряда технологических решений.
- формирование особых условий организации НИР и НИОКР, включая обмен данными, с целью обеспечения преемственности

работ, единообразия методов и аналитической основы.

Отметим, что это вполне соответствует международной практике, которая при вполне четких стратегических установках создания ПГЗРО и вехах по принятию решений допускает значимую вариативность в плане конкретного воплощения тех или иных работ.

Еще раз подчеркнем, что нужна стратегия, в рамках которой будут эволюционно уточняться сроки отдельных этапов, а также значимые инфраструктурные требования. Например, по мере выполнения работ по характеристике накопленных отходов могут быть скорректированы отдельные положения действующей классификации РАО для захоронения и значения критериев приемлемости [7].

В 2016 году с учетом того, что характеристики необходимых для принятия решений исследований (масштаб, наукоемкость, разнородность и взаимосвязанность) традиционно таковы, что ни одна организация в отдельности ни в одной стране не обладает всеми необходимыми компетенциями, Директором по государственной политике в области РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО Госкорпорации «Росатом» было признано целесообразным консолидировать вопросы научно-технического сопровождения создания ПГЗРО (далее — Проекта) в формате стратегического мастер-плана (СМП НКМ).

Отметим, что методология стратегического планирования успешно себя зарекомендовала применительно к таким комплексным и

долговременным проектам, как утилизация объектов атомной подводного флота на северо-западе России[8] и перевод в безопасное состояние Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк» [9].

В настоящее время идет обсуждение формата системы управления Проектом в целом и позиционирования в ее рамках СМП НКМ. Один из предпочтительных вариантов — отраслевой документ стратегического планирования (в терминах федерального закона [16] (пункт 27, ст. 3)) с уникальным горизонтом планирования и типом «ведомственная неинвестиционная интеграционная целевая программа» по характеру затрат, определяющий приоритеты, цели и задачи государственного управления захоронением РАО классов 1 и 2 и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, способы их эффективного достижения и решения в части проблематики обоснования долгосрочной безопасности захоронения РАО.

СМП НКМ в рамках горизонта планирования 2070 г. (как рационально минимальный срок принятия решений по закрытию ПГЗРО) позволит: итерационно (в соответствии с необходимостью) оптимизировать проектные и эксплуатационные параметры ПИЛ и ПГЗРО; разработать и осуществлять сопровождение программы исследований и программы подготовки РАО к захоронению; готовить обоснования долговременной безопасности ПГЗРО для российских регуляторов и международных экспертиз (последнее — в формате safety case).

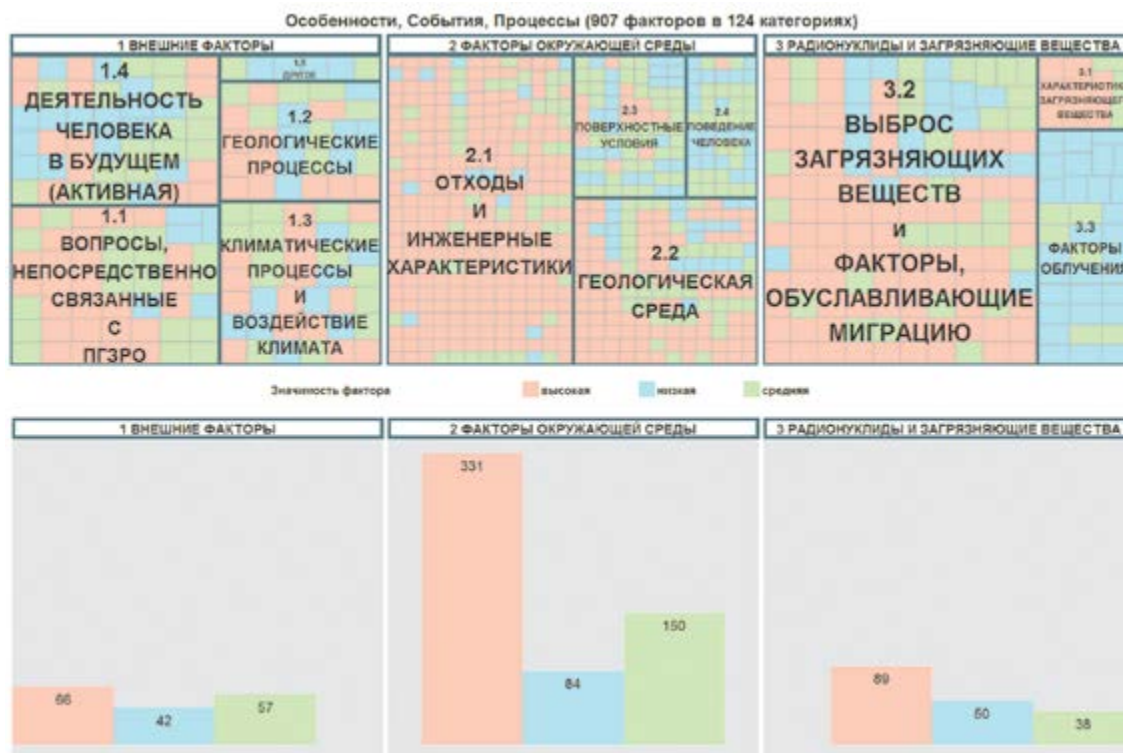


Рис. 3. Анализ релевантности особенностей, событий и процессов

## Захоронение радиоактивных отходов

В настоящее время для практической реализации СМП НКМ разрабатывается специальная система PULSE (Project of the Underground Laboratory Scientific Escort), являющейся прообразом будущей базы знаний (п. 3.15 [11], п. 3.12 и 6.83 [12], п. 4.98 [13]) и виртуальной ПИЛ. В PULSE синхронизированы:

- Информация о проекте (концепция захоронения и безопасности; документация; замечания экспертиз; сопровождение).
- Более 900 особенностей, событий и процессов, рекомендованных NEA/OECD [10] и/или рассмотренных в различных зарубежных проектах: Tono, Kamaishi, MIU, Honorobe (Япония), KURT (Корея), ONKALO (Финляндия), Aspo HRL, Stripa

(Швеция), GrimselTS, MontTerriURL (Швейцария), Fanay-Augeres, Amelie, TournemireRT, Bure (Франция), Climax, G-Tunnel, BustedButte, WIPP, ESF (США) и др. (рис. 3).

- Более 350 требований и рекомендаций МАГАТЭ, отраженных в ключевых документах [11–13] (рис. 4) и явным образом требовавшихся при проведении в Российской Федерации Миссии МАГАТЭ по оценке практики глубинного захоронения ЖРО [14].
- Более 1000 литературных источников и иных документов, связанных с Проектом (рис. 5)
- Более 150 исследовательских задач разного уровня (табл. 1). Они классифицированы одновременно по принадлежности как к объекту



Рис. 4. Декомпозиция требований и рекомендаций МАГАТЭ (числами указано их количество по соответствующим направлениям)

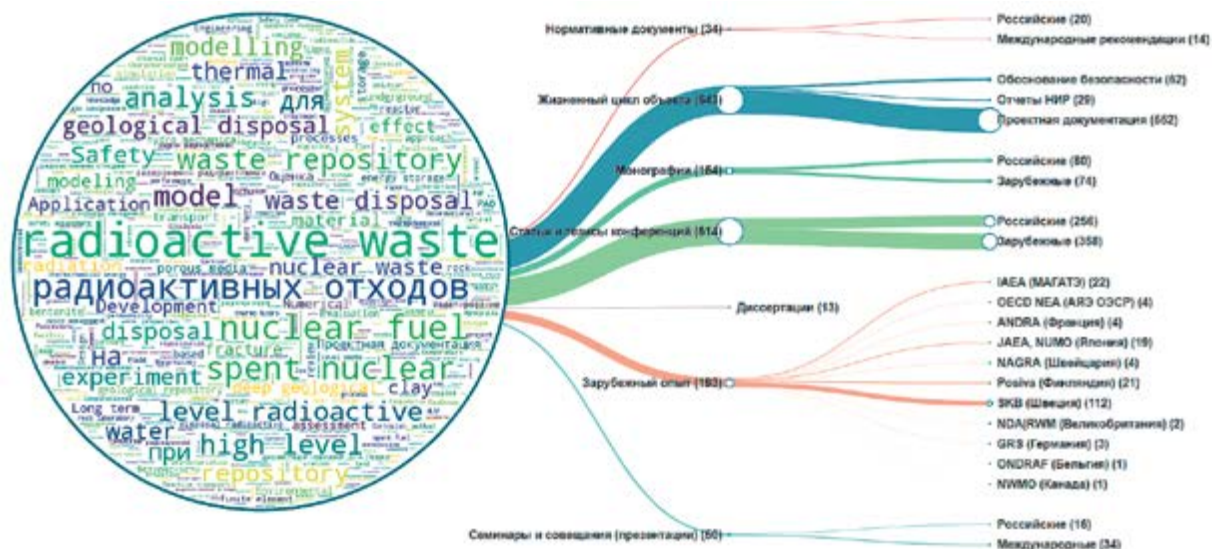


Рис. 5. Библиотека СМП НКМ

Таблица 1. Принцип классификации исследований и их основные направления

	Геосфера	Инженерные барьеры безопасности	РАО	Оборудование	Биосфера
<b>Мониторинг</b>	<p><b>Гидрогеология:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>гидродинамические наблюдения в скважинах и выработках;</li> <li>влияние ПИЛ на объекты окружающей среды.</li> </ul> <p><b>Геохимия</b> (химический состав подземных вод)</p> <p><b>Геодинамика и НДС:</b> современное движение земной коры;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>контроль геодинамической активности;</li> <li>сейсмоакустический контроль.</li> </ul>		<b>Реестр</b> (накопленные РАО, новые виды РАО)		<b>Режимные наблюдения</b>
<b>Отработка технологий</b>	<p><b>Проходка выработок:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>научное сопровождение</li> <li>оптимизация методов</li> <li>изоляция зон структурных нарушений</li> </ul>	<p><b>Изготовление:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>анализ возможностей российской сырьевой базы</li> <li>выбор состава барьерных материалов</li> <li>изготовление материалов</li> <li>формирование ИК</li> <li>контроль качества материалов</li> </ul> <p><b>Закладка:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>дистанционная закладка барьерных материалов</li> <li>внесение тиксотропного шликера в скважины</li> <li>изоляция мест с высокой водопроницаемостью</li> <li>размещение барьерного и закладочного материала в камерах</li> </ul>	<p><b>Подготовка к захоронению:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>размещение упаковок РАО кл. 2 в камерах;</li> <li>прием в ИК имитатора чехла с РАО кл.1;</li> <li>контроль соответствия упаковок;</li> <li>паспортизация РАО</li> <li>оптимизация технологических процессов</li> </ul>	<p><b>Новое оборудование:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>сеть автоматического измерения гидравлических напоров;</li> <li>систематический отбор проб подземных вод;</li> <li>посты для сети сейсмического мониторинга;</li> <li>средства для определения водопроницающих свойств трещин;</li> <li>оборудования для спуска ИК с РАО в скважины;</li> <li>лазерное 3D-картирование поверхности подземных выработок</li> </ul> <p><b>Захоронение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>нестандартное оборудование;</li> <li>возможность извлечения упаковок</li> </ul> <p><b>Герметизация</b></p>	
<b>Натурные исследования</b>	<p><b>Геологическая структура:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>зоны повышенной трещиноватости</li> <li>тектонические нарушения</li> <li>литологические неоднородности геологической среды</li> </ul> <p><b>Гидрогеология:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>водопроявления при строительстве</li> <li>фильтрационные характеристики</li> <li>водопроницающие свойства трещин</li> </ul> <p><b>Миграционные свойства</b></p> <p><b>Геотермальный режим:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>теплофизические характеристики</li> <li>термометрический контроль</li> </ul>	<p><b>Режимы эксплуатации:</b> поведение бентонита изменение напряжений в ИББ</p> <p><b>Химические процессы и условия:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>взаимодействие материалов барьеров и подземной воды</li> <li>изменение химического состава материалов барьеров и подземной воды</li> <li>окислительно-восстановительные условия</li> </ul> <p><b>Микробиологические исследования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>микробиологическая деградация;</li> <li>газовыделение</li> </ul>		<b>Демонстрация технологических операций</b>	

Окончание табл. 1.

	Геосфера	Инженерные барьеры безопасности	РАО	Оборудование	Биосфера
	<p><b>Геодинамика и НДС:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>определение поля напряжений, направления наибольшего напряжения, величин и направлений главных напряжений;</li> <li>исследования полей напряжений окружающей породы;</li> <li>определение физико-механических характеристик</li> </ul>				
Лабораторные исследования	<p><b>Фильтрационные свойства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>эффективные коэффициенты диффузии</li> <li>водопроницаемость и газопроницаемость</li> </ul>	<p><b>Физическо-механические свойства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>материалы на основе бентонита буфера</li> <li>материалы на основе бетона (бетона, шликера и т.д.)</li> <li>зависимость от теплового поля и влажности</li> </ul>	Новые методики контроля состава РАО		
	<p><b>Миграционные свойства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>сорбция и осаждения радионуклидов</li> <li>пределы растворимости радионуклидов</li> <li>роль биоколлоидов</li> </ul>	<p><b>Химические свойства</b> (изменения состава поровых вод)</p>			
	<p><b>Свойства подземных вод:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>возраст подземных вод</li> <li>коллоидные фракции</li> <li>микробиологическое сообщество</li> </ul>	<p><b>Миграционные свойства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>параметры, определяющие перенос и их зависимости от температуры и влагонасыщенности</li> </ul>	<p><b>Выщелачивание:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>скорости выщелачивания;</li> <li>коррозионный слой стекломатрицы;</li> <li>выщелачивание из облученного графита.</li> </ul>		
	<p><b>Свойства горных пород:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>теплофизические, механические и прочностные;</li> <li>химический и минералогический состав;</li> <li>наполнитель трещин</li> </ul>	<p><b>Процессы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>скорость коррозии контейнеров;</li> <li>газовыделение при коррозии;</li> <li>эволюция свойств материалов;</li> <li>биodeградация</li> </ul> <p><b>Коллоиды и псевдо-коллоиды</b></p>			
Теория и моделирование	<p><b>Структурная геологическая модель:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3D геолого-тектонической модель</li> <li>3D модель литологических разностей и зон трещиноватости</li> <li>тепловое воздействие на НДС</li> </ul>	<p><b>Модели эволюции:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>НДС массива и системы ИББ</li> <li>коррозия металлических материалов</li> <li>газовыделение</li> <li>изменение состава подземных вод и свойств материалов</li> <li>изменение свойств барьеров при тепловом воздействии</li> <li>процесс кольматации скального трещиноватого массива</li> <li>влияние радиолитического водорода на безопасность</li> </ul>	<p><b>Выход радионуклидов</b> (изменение свойств материалов РАО)</p>	<p><b>Модели оптимизации</b> эксплуатационного периода (динамическая 3D модель)</p>	<p><b>Сценарии</b></p>
	<p><b>Геофильтрационная-геомиграционная модель:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3D двухфазная геофильтрационная модель</li> <li>химическая модель взаимодействия с геологической средой</li> <li>геологическая эволюция</li> </ul>	<p><b>Модель миграции:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>сорбционно-осадительные параметры</li> <li>двухфазный поток</li> <li>коллоиды</li> </ul>	<p><b>Расчеты для оптимизации критериев приемлемости</b></p>		<p><b>Воздействие на население и окружающую среду</b></p>
	<p><b>Гидрологическая модель</b></p>				
Управление проектом	База знаний, анализ информации, программы исследований, нормативно-правовое обеспечение				

(элементу) системы захоронения (столбцы таблицы), так и к типу исследования (строки таблицы).

Каждая из исследовательских задач представляется в виде декомпозиции задач следующего иерархического уровня и вносится в систему PULSE со следующими данными: название исследования и уникальный код, из которого также следует и место проведения исследования (например, в ПИЛ); цель и предпосылки (например, рекомендации МАГАТЭ, включая необходимость исследований конкретных ОСП; замечания экспертиз Ростехнадзора и Роснедр; материалы проектной документации, отчета по обоснованию безопасности и т. д.); оценка сроков проведения исследования; исследование-предшественник и «потребитель» результатов; методика выполнения работ и ее обоснование; ожидаемый результат; техническое задание

С началом работ на площадке, в том числе буровых и горнопроходческих, а также исследований в ПИЛ, объем фактических данных, которые должны быть учтены при моделировании долгосрочных процессов будет лавинообразно нарастать. Поэтому в СМП НКМ четко определены мероприятия первых лет. К числу приоритетных работ периода 2017—2019 гг. в соответствии с решением НТС №10 [15] отнесены:

1. Разработка и ведение базы данных (знаний) ПГЗРО

2. Разработка комплексной постоянно действующей модели для обоснования безопасности ПГЗРО, включающей следующие взаимосвязанные модели:

- теплового воздействия РАО и напряженно-деформированного состояния (НДС) системы инженерных барьеров в пределах ближней зоны объекта;
- эволюции инженерных барьеров безопасности и переноса радионуклидов в ближней зоне;
- дальней зоны, включая геологическую; геомеханическую; геомиграционную и геофильтрационную модели;
- технологическую имитационную модель систем обращения с РАО на ПГЗРО;
- интегральная модель для оценки радиационного воздействия ПГЗРО на население и биоту в долгосрочной перспективе (включая особенности, события и процессы, сценарии эволюции, перенос радионуклидов в ближней и дальней зоне, референтную биосферу и т. д.).

3. Проведение уточняющей классификации систем и элементов объекта с учетом внешних и внутренних процессов, явлений и факторов природного и техногенного происхождения.

4. Уточнение объемов и характеристик РАО, определяющих долговременную безопасность ПГЗРО.

5. Разработка программы научного сопровождения горнопроходческих работ при сооружении ПИЛ и ПГЗРО.

6. Научное сопровождение и разработка рекомендаций по управлению проектом создания ПИЛ и ПГЗРО.

7. Обоснование и разработка комплексной системы мониторинга ПГЗРО.

8. Доизучение района и площадки размещения ПГЗРО:

- Геодинамические исследования в режиме постоянного мониторинга.
- Геофизические исследования для выявления дизъюнктивных нарушений.
- Бурение новых кустов скважин для уточнения характеристик вмещающих пород и путей переноса подземных вод к месту разгрузки.
- Исследования в существующих глубоких скважинах.
- Воднобалансовые исследования.

9. Лабораторные исследования по определению типов, механизмов и кинетики физико-химических процессов при взаимодействии радионуклидов с инженерными барьерами безопасности ПГЗРО, подземными водами и вмещающими горными породами.

В 2017 г. по большинству из этих направлений уже развернуты практические работы. Принципиально важно понимать их итеративный характер. Эта характеристика вообще присуща большинству работ по обоснованию долгосрочной безопасности.

В дальнейшем план исследовательских работ должен регулярно актуализироваться в зависимости от полученных результатов и использоваться для координации и оптимизации мероприятий, выполняемых различными проектными и научными организациями, разработки детальных планов конкретных мероприятий, а также в качестве базового средства для организации непрерывного процесса интеграции результатов и их экспертной оценки.

Основные итоги работ 2017 года по тематикам программы исследований проекта создания ПГЗРО заключаются во все более нарастающей необходимости создания системы управления проектом в целом, утверждения стратегии создания ПГЗРО, допускающей необходимую вариативность решений, сосредоточения усилий на корректировке решений по ПИЛ, а также перехода на особые условия контрактации работ, относящихся к категориям НИР и НИОКР.

## Литература

1. IAEA-Tecdoc-1243. The use of scientific and technical results from underground research laboratory investigations for the geological disposal of radioactive waste. Vienna, 2001.
2. Исследования гранитоидов Нижнеканского массива для захоронения РАО: Материалы Координационного научно-технического совета по научному сопровождению проектирования и

строительства завода РТ-2 на ГХК. — Железногорск, Санкт-Петербург, 1999. — 181 с.

3. Труды Радиового института им. В. Г. Хлопина. — т. XI. — СПб., 2006.

4. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО / Н. С. Цебаковская [и др.]; под ред. И. И. Линге, Ю. Д. Полякова — М.: Изд-во «Комтехпринт», 2015. — 208 с.

5. *Цебаковская Н. С., Уткин С. С., Линге И. И., Пронь И. А.* Зарубежные проекты захоронения ОЯТ и РАО. Часть I Актуальное состояние проектов создания пунктов глубинного геологического захоронения в европейских странах: Препринт ИБРАЭ, № ИБРАЭ-2017-03. — Москва: ИБРАЭ РАН, 2017. — 35 с.

6. *Цебаковская Н. С., Уткин С. С., Коновалов В. Ю.* Зарубежные проекты захоронения ОЯТ и РАО. Часть II. Актуальное состояние проектов создания пунктов глубинного геологического захоронения в США, Канаде и странах Азиатского региона: Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2017-04. — Москва: ИБРАЭ РАН, 2017. — 41 с.

7. *Линге И. И., Самойлов А. А.* Возможности оптимизации нормативного регулирования единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами // Вопросы радиационной безопасности. — 2016. — № 4 (84). — С. 12—20.

8. Приказ Росатома от 26.12.2007 № 686 «О Стратегическом мастер-плане утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обеспечивающей инфраструктуры в северо-западном регионе России».

9. Стратегический мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО

«Маяк» / ИБРАЭ РАН и др. — Утвержден ген. директором Госкорпорации «Росатом» 15.02.2016.

10. Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste, NEA International FEP Database : Version 2.1. — NEA OECD, 2006.

11. Захоронение радиоактивных отходов, Конкретные требования безопасности № SSR-5, Нормы МАГАТЭ по безопасности. — МАГАТЭ, Вена. — 2011.

12. Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-14, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2011.

13. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-23, IAEA Safety Standards. — International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. — 2012.

14. *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.

15. Программа проведения исследований в подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ) на Нижнеканском массиве для подтверждения проектных параметров безопасности подземного захоронения РАО классов 1 и 2: Решение секции № 1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС № 10 Госкорпорации «Росатом» от 06.04.2016.

16. Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» // Российская газета. — 2014. — № 146.

### Информация об авторах

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

*Большов Леонид Александрович*, академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук, научный руководитель, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, ул. Большая Тульская, д. 52), e-mail: bolshov@ibrae.ac.ru.

*Линге Игорь Иннокентьевич*, доктор технических наук, заместитель директора, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: linge@ibrae.ac.ru.

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

*Савельева Елена Александровна*, кандидат физико-математических наук, заведующая лабораторией, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: esav@ibrae.ac.ru.

### Библиографическое описание данной статьи

*Дорофеев А. Н., Большов Л. А., Линге И. И., Уткин С. С., Савельева Е. А.* Стратегический мастер-план исследований в обоснование безопасности сооружения, эксплуатации и закрытия пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. — 2017. — № 1. — С. 32—41.



## STRATEGIC MASTER PLAN FOR R&D DEMONSTRATING THE SAFETY OF CONSTRUCTION, OPERATION AND CLOSURE OF A DEEP GEOLOGICAL DISPOSAL FACILITY FOR RADIOACTIVE WASTE

**Aleksandr N. Dorofeev**

State Corporation Rosatom, Moscow, Russian Federation

**Leonid A. Bolshov, Igor I. Linge, Sergey S. Utkin, Elena A. Saveleva**

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

Article received 21 September 2017

*The paper discusses the factors specifying the current state of radioactive waste deep disposal project in terms of its scientific support. The paper provides an overview of main principles and key areas of relevant R&D program, including activities that are to be performed in the underground research laboratory, required for the safety case development and safety assessment at all stages of repository life cycle.*

**Keywords:** radioactive waste, deep disposal facility, underground research laboratory, strategic master plan, safety assessment, safety case.

### References

1. IAEA-Tecdoc-1243. The use of scientific and technical results from underground research laboratory investigations for the geological disposal of radioactive waste. Vienna, 2001.
2. Issledovaniya granitoidov Nizhnekanskogo massiva dlya zahoroneniya RAO: Materialy Koordinacionnogo nauchno-tekhnicheskogo soveta po nauchnomu soprovozhdeniyu proektirovaniya i stroitel'stva zavoda RT-2 na GHK. — g. ZHeleznogorck, Sankt-Peterburg, 1999. — 181 s.
3. Trudy Radiyevogo instituta im. V. G. Hlopina. — t. XI. — SPb., 2006.
4. Obzor zarubezhnyh praktik zahoroneniya OYAT i RAO / N. S. Cebakovskaya [i dr.]; pod red. I. I. Linge, YU. D. Polyakova — M.: Izd-vo «Komtekhpriint», 2015. — 208 s.
5. Cebakovskaya N. S., Utkin S. S., Linge I. I., Pron I. A. Zarubezhnye proekty zahoroneniya OYAT i RAO. CHast' I Aktual'noe sostoyanie proektov sozdaniya punktov glubinnogo geologicheskogo zahoroneniya v evropejskih stranah: Preprint IBRAEH, № IBRAE-2017-03. — Moskva: IBRAEH RAN, 2017. — 35 s.
6. Cebakovskaya N. S., Utkin S. S., Konovalov V. Yu. Zarubezhnye proekty zahoroneniya OYAT i RAO. CHast' II. Aktual'noe sostoyanie proektov sozdaniya punktov glubinnogo geologicheskogo zahoroneniya v SSHA, KANADE i stranah Aziatskogo regiona: Preprint IBRAEH № IBRAE-2017-04. — Moskva: IBRAEH RAN, 2017. — 41 s.
7. Linge I. I., Samoylov A. A. Vozmozhnosti optimizatsii normativnogo regulirovaniya edinoj gosudarstvennoj sistemy obrashcheniya s radioaktivnymi othodami // Voprosy radiacionnoj bezopasnosti. — 2016. — № 4 (84). — S. 12–20.
8. Prikaz Rosatoma ot 26.12.2007 № 686 «O Strategicheskom master-plane utilizatsii i ehkologicheskoy rehabilitatsii vyvedennyh iz ehkspluatatsii ob"ektov atomnogo flota i obespechivayushchej infrastruktury v severo-zapadnom regione Rossii».
9. Strategicheskij master-plan resheniya problem Techenskogo kaskada vodoemov FGUP «PO «Mayak» / IBRAE RAN i dr. — Utverzhden general'nym direktorom Goskorporatsii «Rosatom» 15.02.2016.
10. Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste, NEA International FEP Database : Version 2.1. — NEA OECD, 2006.
11. Zahoronenie radioaktivnyh othodov, Konkretnyye trebovaniya bezopasnosti № SSR-5, Normy

- MAGATEH po bezopasnosti. — MAGATEH, Vena. — 2011.
12. Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-14, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2011.
13. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-23, IAEA Safety Standards. — International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. — 2012.
14. *Linge I. I., Utkin S. S., Hamaza A. A., Sharafutdinov R. B.* Opyt primeneniya mezhdunarodnyh trebovaniy po obosnovaniyu dolgovremennoj bezopasnosti punktov zahoroneniya radioaktivnyh othodov: problemy i uroki // Atomnaya ehnergiya. — 2016. — Vyp. 120. — С. 201—208.
15. Programma provedeniya issledovaniy v podzemnoj issledovatel'skoj laboratorii (PIL) na Nizhnekanskom massive dlya podtverzhdeniya proektnykh parametrov bezopasnosti podzemnogo zahoroneniya RAO klassov 1 i 2: Reshenie sekcii № 1 «EHkologicheskaya i radiacionnaya bezopasnost' punktov dolgovremennogo hraneniya, konservacii i zahoroneniya RAO» NTS № 10 Goskorporacii «Rosatom» ot 06.04.2016.
16. Federal'nyj zakon ot 28.06.2014 № 172-FZ «O strategicheskom planirovanii v Rossijskoj Federacii» // Rossijskaya gazeta. — 2014. — № 146.

---

### Information about the authors

*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), e-mail: ANDorofeev@rosatom.ru.

*Bolshov Leonid Aleksandrovich*, Member of the Russian Academy of Sciences, professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of Research, Nuclear Safety Institute (52, Bolshaya Tulsкая St., Moscow, 115191), e-mail: bolshov@ibrae.ac.ru.

*Linge Igor Innokentevich*, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director, Nuclear Safety Institute (52, Bolshaya Tulsкая St., Moscow, 115191), e-mail: linge@ibrae.ac.ru.

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

*Saveleva Elena Aleksandrovna*, PhD, Head of Laboratory, Nuclear Safety Institute (52, Bolshaya Tulsкая St., Moscow, 115191), e-mail: esav@ibrae.ac.ru.

### Bibliographic description

*Dorofeev A.N., Bolshov L. A., Linge I. I., Utkin S. S., Saveleva E. A.* Strategic Master Plan for R&D Demonstrating the Safety of Construction, Operation and Closure of a Deep Geological Disposal Facility for Radioactive Waste // Radioactive Waste. — 2017. — № 1. — pp. 32—41. (In Russian).