

К ВОПРОСУ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ЕГС РАО

А. Н. Дорофеев

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

И. И. Линге, А. А. Самойлов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

Р. Б. Шарафутдинов

ФБУ Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, Москва

Статья поступила в редакцию 26 сентября 2017 г.

Развитие ЕГС РАО, как и любой организационно-технологической системы, включает поэтапное расширение инфраструктурного и функционального состава системы в соответствии с определенным Правительством России порядком и сроками [1], а также настройку всех инструментов, в том числе регулирующих, инфраструктурных и технологических.

Настоящая статья посвящена началу подготовки развернутого массива данных на тему финансово-экономического обоснования настройки нормативной базы. Для её содержания важен вопрос о стартовых точках, связанных с целевым назначением системы и началом движения материальных потоков в рамках системы.

Ключевые слова: обращение с радиоактивными отходами, захоронение радиоактивных отходов, нормативно-правовое регулирование, классификация удаляемых радиоактивных отходов, критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения.

О целевом назначении. Статьей 10 федерального закона [2] предусмотрено, что «Единая государственная система обращения с радиоактивными отходами создается в целях организации и обеспечения безопасного и экономически эффективного обращения с радиоактивными отходами, в том числе их захоронения». Можно утверждать, что другая система — радиационной защиты человека — также ориентирует на экономически эффективное обращение с РАО, поскольку вопрос о том, делать что-либо или не делать с РАО, делать так или иначе, в контексте безопасности должен решаться с учетом принципа оптимизации, то есть на основе сравнения стоимости вариантов работ при соблюдении общих ограничений по дозам и рискам. Законом предусмотрено, что критерии экономической эффективности должны трактоваться именно с учетом захоронения. Этому есть причина — если

ограничиваться рассмотрением относительно небольших времен, то захоронение существенно более дорого, чем просто хранение в течение относительно небольшого периода времени. Захоронение дорого, но его цена не должна восприниматься в отрыве от стоимости базовых видов продукции атомной энергетики и промышленности. В случае такого рассмотрения его высокая стоимость становится понятна и оправдана. Тем не менее, и в этом случае вопрос входа в систему обращения с РАО, то есть отнесения материалов к РАО, и выхода из нее (захоронение или радиоактивный распад) не должен решаться формально, без понимания ответственности, в том числе финансовой, за принимаемые решения.

В качестве первого и грубого признака эффективности определим исключение ситуаций, когда действующая нормативная база приводит к несоизмерным опасности действиям.

Например, когда инициируются работы по подготовке к захоронению РАО с чрезвычайно малым периодом потенциальной опасности или когда короткоживущие РАО направляются на захоронение в ПЗРО, рассчитанный на существенно большие сроки обеспечения безопасности и т. д. Вторым, дополнительным признаком определим исключение ситуаций, когда определенные объемы РАО «выпадают» из системы и не обеспечиваются средствами на захоронение.

В отношении первого признака эффективности можно выделить два типа проблемных ситуаций. Во-первых, это ситуации, когда отсутствуют какие-либо правовые стимулы для предотвращения неэффективных решений, принимаемых организацией или ведомством без должного анализа и оценки экономической эффективности. Яркими примерами являются отнесение больших объемов РАО к удаляемым РАО при отсутствии нормативных ограничений. В рамках первичной регистрации подобных ситуаций было более чем достаточно, хотя часть из них маскировалась доводами о том, что РАО образовались не в результате оборонной деятельности и аварий. Вопросы стоимости таких решений рассмотрены в работах [3, 4]. К близкому типу ситуаций также следует отнести и игнорирование критерия об отнесении к РАО только материалов, не подлежащих дальнейшему использованию, в случаях, когда речь идет о загрязненных почвах и грунтах. Аналогично и для установления единого срока промежуточного хранения (10 лет) [5]. Понятно, что в начале создания ЕГС РАО это было в определенной мере оправдано, но сейчас имеются все условия для дифференцированного учета конечного числа

ситуаций, когда более длительная выдержка РАО с целью их распада оправдана. Для этой группы ситуаций должна ставиться цель развития нормативной базы, чтобы исключить возможность принятия технологически и экономически необоснованных решений.

Второй тип ситуаций — это когда сами нормативно-правовые документы понуждают к экономически неэффективным действиям, противоречащим в том числе и международно признанным принципам радиационной защиты.

Прежде чем детально рассматривать проблемы нормативно-правовой базы в сфере обращения с РАО, отметим её главный недостаток — чрезмерную детализацию требований, не вытекающих из практического опыта обращения с РАО. Их догматичное исполнение уже приводит и будет приводить к многочисленным и затратным проблемам. Было бы более правильно, если бы во всех количественных критериях применялось условие «в основном». В этом случае имелась бы возможность более тщательного финансово-экономического обоснования более эффективных решений. Ограничимся одним примером. Отходы АО «ЧМЗ» признаны РАО по причине превышения ПЗУА в 1,5 раза. При этом значение ПЗУА оценено для природного урана, а уран-238 в хвостохранилищах ЧМЗ — это не природный уран, а прошедший многочисленные переделы материал, где уран переведен в практически нерастворимую форму, то есть обладает существенно меньшей радиологической опасностью.

Анализ сложившейся практики обращения с РАО позволяет выделить 9 групп проблемных тем, в различной степени влияющих на эффективность обращения с РАО (табл. 1).

Таблица 1. Основные проблемные ситуации, вызванные несовершенством системы нормативно-правового регулирования обращения с РАО

| № | Наименование | Краткое описание проблемы | Локализация проблемы |
|----|--|---|--|
| 1 | Отнесение к особым или удаляемым РАО | | |
| 1а | Ограничения по происхождению РАО (оборонные и от аварий) в критериях отнесения к особым РАО | К особым не могут быть отнесены РАО от «мирной» деятельности. Оснований с точки зрения принципов безопасности для ограничений нет. | ФГУП «РосРАО», ФГУП «Радон», АО Концерн «Росэнергоатом» (в особенности Билибинская АЭС), ОАО «Соликамский магниевый завод» |
| 1б | Ограничения по местоположению РАО (вне населенных пунктов и охранных зон) в критериях отнесения к особым РАО | К особым не могут быть отнесены РАО в ПХ, оказавшихся в пределах населенных пунктов и охранных зон, значительно позднее их ввода в эксплуатацию. Логических оснований для исключения возможности отнесения к особым РАО нет | АО «АЭХК», ПАО «МСЗ», Кирово-Чепецкое отделение ФГУП «РосРАО», АО «ГМЗ» (бывший «Алмаз»), ОАО «Норильский комбинат» |
| 1в | Порядок принятия решений по отнесению накопленных РАО к удаляемым | В соответствии с ФЗ-190 Правительство РФ утверждает перечни ПДХ и ПР ОРАО. Однако с учетом «презумпции удаляемости» решения по отнесению отходов к удаляемым РАО фактически инициировалось эксплуатирующей организацией без проведения соответствующих обоснований и учета реальных возможностей по финансированию удаления РАО | АО «ТВЭЛ», АО Концерн «Росэнергоатом» |
| 2 | Эксплуатация пунктов размещения и консервации особых РАО | | |
| 2а | Отсутствие регламентации эксплуатации пунктов размещения и консервации особых РАО | Возможности размещения РАО и иных загрязненных материалов при эксплуатации и консервации ПХ ОРАО прямо не прописаны и зачастую не используются | Организации, эксплуатирующие ПХ ОРАО |

Продолжение таблицы 1

| № | Наименование | Краткое описание проблемы | Локализация проблемы |
|----|---|---|---|
| 2б | Отсутствие требований по финансовому обеспечению консервации и закрытия | Средства на консервацию (захоронение) не аккумулируются. Механизм накопления проблем продолжает функционировать | Организации, эксплуатирующие ПХ ОРАО |
| 3 | Классификация удаляемых РАО | | |
| 3а | Учет очень короткоживущих радионуклидов | Возможно отнесение к высоким классам РАО за счет активности очень короткоживущих радионуклидов ($T_{1/2} < 1$ и 6 лет) | АЭС и иные ЯЭУ |
| 3б | Игнорирование радиологической опасности радионуклидов | Критерии классификации РАО установлены на основании типов распада, периодов полураспада. В результате – единые численные критерии для принципиально различных по опасности (дозовым коэффициентам) радионуклидов | АЭС и иные ЯЭУ, радиохимические производства |
| 3в | Смешанные отходы | Отсутствует порядок классификации смешанных отходов | Все организации |
| 3г | Классификация ОЗРИ | Основана на категории опасности ОЗРИ, которая учитывает только суммарную активность радионуклида | Все организации |
| 4 | Короткоживущие РАО | | |
| 4а | Выдержка | Ст. 12 ФЗ-190 допускает возможность выдержки короткоживущих РАО, но она ничем не регламентирована и в рациональных масштабах не применяется | Медицина, наука, АЭС, ПАО «МСЗ» |
| 4б | Срок промежуточного хранения | Установление единого срока промежуточного хранения без учета технологических особенностей препятствует оптимизации обращения с РАО (как в финансовом отношении путем снижения классов, так и в отношении радиационных рисков) | ФГУП «ПО «Маяк», АЭС, медицина, наука |
| 5 | Захоронение очень низкоактивных РАО большого объема | | |
| 5а | Захоронение ОНРАО на площадках ЭО | Ст. 27 ФЗ-190 предусматривает возможность захоронения ОНРАО на ПЗРО, размещаемых на площадках ЭО, но она ничем не регламентирована и в рациональных масштабах не применяется | Перечень предприятий согласно распоряжению правительства РФ N 2499-р |
| 5б | Класс 6 РАО | РАО класса 6 включены в прогнозы как удаляемые, при этом они размещаются в пункты хранения, которые согласно актам первичной регистрации отнесены к пунктам размещения особых РАО. Необходима регламентация порядка закрытия объекта и источников финансирования | ПАО «ППГХО» |
| 6 | Критерии приемлемости и система ПЗРО | | |
| 6а | Формирование системы ПЗРО | Формирование системы ПЗРО ведется от классов и на основе типовых технических решений с типовыми же критериями приемлемости. В основе ответственного планирования должна быть структура накопленных и вновь образующихся РАО | Организации, в ходе деятельности которых образуются РАО классов 3 и 4 |
| 6б | Критерии приемлемости | Размыта граница между общими и частными критериями приемлемости. Частные критерии приемлемости должны разрабатываться исходя из оценки безопасности и учитывать структуру накопленных и вновь образующихся РАО. | Организации, в ходе деятельности которых образуются РАО классов 3 и 4 |
| 6в | Подтверждение соответствия РАО критериям приемлемости и хранение кондиционированных РАО | Требуется согласование подходов к паспортизации РАО, их кондиционированию и приемке ФГУП «НО РАО» на основе систем контроля качества технологического процесса кондиционирования с учетом реальных возможностей инструментального контроля. При этом необходимо согласовать условия хранения уже кондиционированных РАО | Организации, осуществляющие кондиционирование РАО, ФГУП «НО РАО» |
| 7 | Специализированные организации | | |
| 7а | Передача обязательств по захоронению и кондиционированию РАО | Необходимо проанализировать целесообразность введения возможности передачи обязательств по захоронению и кондиционированию РАО от эксплуатирующих предприятий к специализированным организациям для оптимизации технологического процесса переработки РАО разных эксплуатирующих организаций и использования единой инфраструктуры по переработке и транспортировке | ФГУП «Радон», ФГУП «РосРАО» |
| 7б | Порядок оплаты РАО, образующихся в ходе деятельности по ВЭ ОИАЭ | В отличие от эксплуатационных РАО, РАО при ВЭ образуются в относительно короткий срок в значительных объемах. Объемы и характеристики РАО не учитываются в прогнозах образования РАО, не учитываются в планировании строительства ПЗРО. Необходимо проанализировать необходимость введения особого порядка по оплате их захоронения | Организации-субъекты ФЦП ЯРБ-2, ФГУП «Радон», ФГУП «РосРАО», АО «ОДЦ УГР» |
| 8 | Механизм использования средств СРФ № 5 | | |
| 8а | Обесценивание средств | Отсутствие возможности их инвестирования приводит к фактическому обесцениванию средств. Наличие достаточно надежных инструментов (гособлигации) позволяет решить проблему с приемлемыми рисками | Госкорпорация «Росатом» |
| 8б | Привязка к классам | Привязка средств СРФ № 5 к конкретному классу не позволяет сглаживать затраты по различным классам, минимизируя необходимость привлечения дополнительных средств | Госкорпорация «Росатом» |

Окончание таблицы 1

| № | Наименование | Краткое описание проблемы | Локализация проблемы |
|----|--|--|---|
| 8в | Перечень расходных статей | Необходимо расширение с включением необходимых работ для создания ПЗРО, включая НИОКРы. | Госкорпорация «Росатом» |
| 9 | Обращение с РАО, образующимися при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья | В связи с отсутствием практики по обращению с РАО данного типа предлагается выделение их в отдельный класс с соответствующими критериями отнесения и классификации, требованиями к захоронению | Организации, занимающиеся добычей и переработкой природных ископаемых, например ОАО «Соликамский магниевый завод» |

Все выявленные проблемные моменты могут быть условно разделены на три группы по степени готовности к внесению изменений:

1) способ разрешения полностью понятен (проблемные моменты № 1а, 1б, 3а, 3в, 4а, 4б, 8б, 8в);

2) понятны принципы разрешения или есть несколько вариантов, необходимо выбрать оптимальный (проблемные моменты № 1в, 2а, 2б, 3б, 5а, 5б, 6в, 7а, 7б, 8а);

3) на текущий момент ситуация не до конца понятна, требуется дополнительный анализ (проблемные моменты № 3г, 6а, 6б, 9).

Рассмотрим более подробно две из выше обозначенных проблемных ситуаций в контексте финансового обременения участников ЕГС РАО.

Классификация удаляемых РАО в целях захоронения. Игнорирование радиологической опасности радионуклидов. Первый проблемный аспект — отсутствие согласованности критериев классификации удаляемых РАО в форме суммарной активности бета-, альфа-излучающих радионуклидов и ТУЭ и значений ПЗУА в форме удельной активности отдельных радионуклидов. Численные значения ПЗУА определены для каждого из радионуклидов на основе анализа сценариев облучения. Диапазон значений этой величины — от 1 до 10^5 Бк/г. Это означает, что радиобиологическая опасность каждого радионуклида детально учтена с использованием не только типа, но и всех других характеристик распада. В постановлении [6] в качестве границ классов РАО используются значения, кратные упрощенным критериям отнесения к РАО отходов неизвестного состава, исторически используемым в санитарных нормах. Применение различных подходов приводит к возникновению парадоксальных ситуаций для ряда практически значимых радионуклидов (рис. 1), когда их удельные активности соответствуют 3-му и даже 2-му классу РАО, хотя и не превышают значение ПЗУА.

В итоге материал с концентрацией 0,9 ПЗУА для ряда радионуклидов — это не РАО, а материал с концентрацией 1,1 ПЗУА — это уже не просто РАО, а РАО класса 2, тариф на захоронение которых в ~20 раз выше, чем тариф на захоронение РАО класса 4. В результате мы вынуждены будем оплатить, а затем и разместить на захоронение в соответствующий ПЗРО материал, радиологическая опасность которого крайне низка

и соответствует значениям РАО очень низкой активности.

Цену вопроса рассмотрим на примере одного радионуклида и двух хранилищ РАО на одной из АЭС. Это долгоживущий ($T_{1/2} \sim 100$ лет) радионуклид никель-63, который образуется, как и кобальт-60, в результате активации. Вследствие низкой радиологической значимости радионуклида никель-63 для практической деятельности на предприятии (отсутствием вклада в облучение персонала) его содержание в РАО не определяется. Это связано в первую очередь со сложностью его измерения. При анализе долговременной безопасности данный радионуклид необходимо учитывать ввиду его высокой активности и длительного периода полураспада. Это, в свою очередь, означает необходимость включения его в практику паспортизации РАО, на которой и должно быть основано определение классов удаляемых РАО.

Содержание никеля-63 можно оценить с использованием упрощенных подходов, как

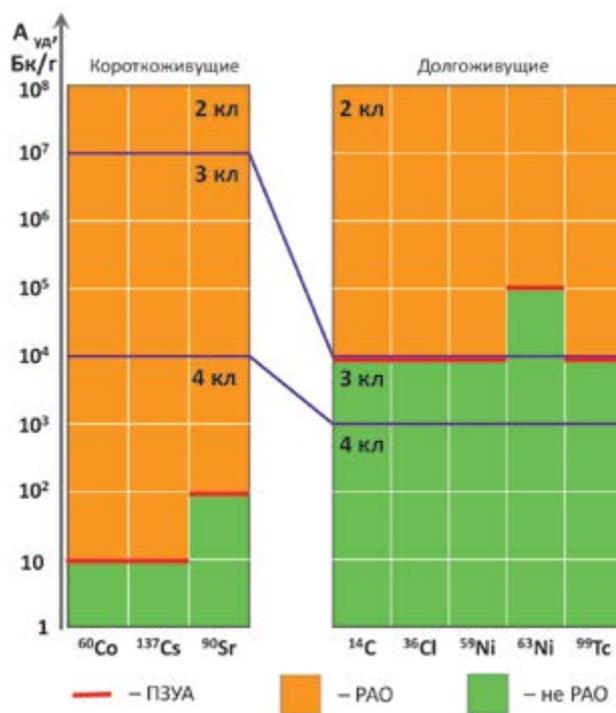


Рис. 1. Критерии классификации и критерии отнесения к РАО для отдельных радионуклидов

Таблица 2. Стоимость захоронения РАО при различных вариантах классификации РАО

| ПХ | $V_{\text{РАО}}, \text{м}^3$ | Удельная активность радионуклидов, Бк/г | | | Класс РАО | |
|-----------------------------|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------|--------|
| | | Cs-137 | Co-60 | Ni-63* | Вар. 1 | Вар. 2 |
| ХТРО №6 | ~10 000 | $3 \cdot 10^2$ | $1 \cdot 10^2$ | $9 \cdot 10^2$ | 3 | 4 |
| ХТРО №8 | ~ 5 000 | $1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$ | $2 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^4$ | $1 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^5$ | 2 | 3 |
| Стоимость захоронения, млрд | | | | | 5,0 | 1,5 |

например, в работе [7] на основе так называемого радионуклидного вектора, то есть зависимости между реперными (или «легко детектируемыми» радионуклидами) и «трудно детектируемыми» радионуклидами. Для активационных радионуклидов (в том числе и никеля-63) в качестве реперного предлагается использование радионуклида кобальт-60. Активность никеля-63 может быть определена исходя из активности кобальта-60 (на момент образования РАО) на основе следующего соотношения:

$$A_{\text{Ni-63}} = 0,7(A_{\text{Co-60}})^{0,92} \quad (1)$$

Рассмотрим влияние данных по содержанию никеля-63 на стоимость захоронения РАО согласно действующей классификации. В качестве примера рассмотрим два пункта хранения РАО НВАЭС: ХТРО № 6 и № 8 (общий объем накопленных РАО составляет около 15 000 м³). В табл. 2 приведены оценки изменения стоимости захоронения накопленных РАО для различных вариантов классификации: вариант 1 — действующие критерии; вариант 2 — границы классов установлены с учетом радиологической опасности радионуклидов.

Общее резюме по первому проблемному аспекту — критерии классификации не оптимальны. Их актуализация позволит сократить расходы на захоронение только по двум пунктам хранения на 3,5 млрд рублей без ущерба для безопасности. Учитывая, что аналогичная ситуация наблюдается практически для всех видов РАО АЭС, включая образующиеся при ВЭ энергоблоков, можно сделать вывод о потенциальном масштабе проблемы в размере десятков миллиардов.

Второй проблемный аспект — недостаточная детализация периода полураспада радионуклидов. Все радионуклиды делятся на две категории: долгоживущие (период полураспада более

31 года) и короткоживущие (период полураспада менее 31 года). Таким образом, в одну категорию попадают и радионуклиды с периодом полураспада ~30 лет, и с периодами полураспада около 5 лет и 1 года. Между тем понятно, что различия в эффекте радиоактивного распада для данных радионуклидов на длительных временах (характерных для оценки безопасности захоронения) принципиально различаются. Радионуклиды с периодом полураспада менее года, видимо, в принципе не должны фигурировать в классификации РАО для захоронения, а в действующей классификации и реальной практике они доминируют. Рассмотрим вклад радионуклидов с различным периодом полураспада в активность РАО АЭС на примере твердых РАО, размещенных в ХЖТО Смоленской АЭС (данные первичной регистрации РАО и мест их размещения).

В соответствии с данными по радионуклидному составу все размещенные РАО можно условно разделить на 3 группы. Распределение доли активности радионуклидов с различным периодом полураспада представлено в табл. 3.

Как видно из представленных данных, большая часть активности приходится на «очень короткоживущие» ($T_{1/2} < 6$ лет) и «сверх короткоживущие» ($T_{1/2} < 1$ года) радионуклиды. Включение их удельной активности в классификацию РАО наравне с активностью Cs-137 приведет в ряде случаев к необоснованному переводу РАО в более высокий класс и, соответственно, увеличит затраты на их захоронение. Срок административного контроля ПЗРО составит не менее 50 лет, за это время активность «сверх короткоживущих» радионуклидов снизится в ~ 10^{15} раз. Следовательно, рассматривать отнесение РАО к классу выше 4 на основании активности таких радионуклидов не имеет смысла (за исключением ситуаций, когда размещение в ПЗРО для класса 4 не обеспечивает радиационную безопасность эксплуатирующего

Таблица 3. Относительный вклад в активность радионуклидов с различными периодами полураспада

| Группа РАО | 1 | 2 | 3 |
|---|----------|---------|-------|
| Объем, м ³ | ~ 10 000 | ~ 2 000 | ~ 500 |
| Доля активности приходящихся на р/н с $T_{1/2}$ менее 1 года, % | 24 | 77 | 67 |
| Доля активности приходящихся на р/н с $T_{1/2}$ от 1 года до 6 лет, % | 29 | 13 | 33 |
| Доля активности приходящихся на р/н с $T_{1/2}$ от 6 до 30 лет, % | 47 | 10 | 0 |

Таблица 4. Значения активности ОЗРИ, соответствующие отнесению к классу 2 и соответствующие им удельные активности при цементировании источника в одном литре компаунда

| Радионуклид | Активность отнесения к классу 2, Бк | Удельная активность при цементировании, Бк/г | Удельная активность при цементировании через 100 лет, Бк/г | Удельная активность при цементировании через 300 лет, Бк/г |
|-------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| ⁵⁷ Co | 7·10 ¹¹ | ~ 3,5·10 ⁸ | < 1 | – |
| ⁶⁰ Co | 3·10 ¹¹ | ~ 1,5·10 ⁸ | ~3·10 ² | < 1 |
| ¹³⁷ Cs | 1·10 ¹² | ~ 5,0·10 ⁸ | ~5·10 ⁷ | ~5·10 ⁴ |

персонала). Отметим, что наличие подобного проблемного аспекта наиболее актуально для вновь образующихся РАО, в которых активность «очень короткоживущих» и «сверх короткоживущих» радионуклидов гораздо выше по сравнению с накопленными РАО.

Третий проблемный аспект — упрощенная классификация ОЗРИ. В рамках действующей классификации в качестве единственного критерия классификации используется категория опасности ОЗРИ. Подобный подход имеет существенный недостаток: категория опасности определяется исходя из возможного вреда, который может быть нанесен человеку вследствие утраты контроля над единичным источником в настоящий момент времени, и рассматривает принципиально иные сценарии воздействия по сравнению с захоронением РАО. Использование подобной величины для классификации удаляемых РАО приводит к целому ряду проблем:

- не учитывается период полураспада радионуклида;
- критерий привязан к абсолютному значению активности ОЗРИ, а не к удельной активности, как это сделано для остальных типов РАО, что приведет к отнесению к различным классам одинаковых по опасности отходов.

Рассмотрим численные значения классов РАО на примере отдельных радионуклидов в ОЗРИ, согласно предлагаемой классификации (табл. 4).

Как видно из представленных данных, подобный подход к классификации ОЗРИ требует отнесения к классу 2 даже РАО, удельная активность которых через 100 лет (срок сохранения изолирующей способности контейнера для РАО класса 3 по нормам [8]) будет совершенно незначима.

Учитывая, что количество ОЗРИ, образующихся ежегодно, составляет ~ 40 000 штук, а общее количество уже накопленных ОЗРИ составляет ~ 3 млн штук, наличие подобных проблем в классификации ОЗРИ с предъявлением необоснованно жестких требований по захоронению приведет к существенным неоправданным дополнительным затратам на захоронение ОЗРИ.

Возможное решение указанной проблемы — выделение ОЗРИ в отдельную категорию РАО с выработкой отдельных критериев классификации, учитывающих характеристики, определяющие требования именно к их захоронению. При этом необходимо ориентироваться на уже

существующие и хорошо зарекомендовавшие себя методы обращения с ними.

Приведенные примеры показывают, что Постановление Правительства [1] ПП 1069 нуждается не просто в точечных изменениях, а в более серьезной переработке, в основе которой должны лежать научные обоснования, учитывающие совокупное влияние на безопасность обращения с РАО следующих характеристик: радиологическая опасность радионуклидов, период полураспада, требования к захоронению РАО данного класса, а также источники образования РАО.

Система ПЗРО. Критерии приемлемости. В международных рекомендациях МАГАТЭ [9–11], посвященных вопросу критериев приемлемости РАО для захоронения, указано, что процедура их установления должна носить итерационный характер с участием всех заинтересованных сторон. При этом критерии приемлемости должны основываться на оценке безопасности. К сожалению, такой подход не в полной мере вошел в отечественную практику разработки критериев приемлемости. В соответствии с нормами [8] в настоящее время критерии приемлемости имеют двухуровневую систему: общие (устанавливают номенклатуру характеристик РАО, к которым могут устанавливаться требования для обеспечения безопасности захоронения, а также устанавливают требования к отдельным характеристикам РАО различных классов) и частные (устанавливают требования к захоронению РАО в конкретном ПЗРО).

Это приводит к следующему проблемному моменту: установление критериев приемлемости для захоронения в конкретном ПЗРО согласно ФНП является прерогативой НО РАО. На практике это означает, что устанавливать их будет организация, осуществляющая проектирование ПЗРО. Подобный подход к разработке критериев приемлемости может привести к чрезмерно консервативному подходу и, следовательно, к дополнительным затратам на обращение с РАО. Рассмотрим данную проблему на примере РАО АЭС и проекта частных критериев приемлемости для РАО класса 3 и 4 (табл. 5).

Видно, что требования к содержанию в РАО класса 3 и 4 таких радионуклидов, как ⁶³Ni и ³H, крайне жесткие. Допускаемая удельная активность указанных радионуклидов значительно ниже критериев отнесения к РАО. Отходы, которые не удовлетворяют предъявленным требованиям, должны будут захораниваться как РАО

Таблица 5. Требования к радионуклидному составу РАО классов 3 и 4

| Радионуклид | Допустимые активности для классов РАО, Бк/г | | Критерий отнесения (удельная активность) к РАО, Бк/г |
|-------------------|---|---------------------|--|
| | III ¹ | IV | |
| ¹³⁷ Cs | 6,0·10 ⁵ | 6,0·10 ³ | 10 |
| ¹³⁴ Cs | 5,0·10 ⁴ | 5,0·10 ² | 10 |
| ⁹⁰ Sr | 1,0·10 ⁴ | 1,0·10 ³ | 100 |
| ⁶⁰ Co | 1·10 ⁴ | 1·10 ³ | 10 |
| ³ H | 1,5·10 ⁴ | 1,5·10 ³ | 1·10 ⁶ |
| ⁶³ Ni | 1·10 ⁴ | 1·10 ³ | 1·10 ⁵ |
| ⁵⁴ Mn | 1,5·10 ⁴ | 1,5·10 ³ | 10 |
| ⁹⁷ Nb | 1,5·10 ⁴ | 1,5·10 ³ | 10 |

¹Численные значения указаны для РАО, размещаемых в контейнерах НЗК-150-1,5П

Таблица 6. Значения активности ⁶⁰Co, соответствующие критериям приемлемости по активности ⁶³Ni

| Класс 3 | | | | Класс 4 | | | |
|-------------------|---------------------|--|--|-------------------|---------------------|--|--|
| ⁶³ Ni | ⁶⁰ Co | ⁶⁰ Co, T _{хр} = 10 лет | ⁶⁰ Co, T _{хр} = 20 лет | ⁶³ Ni | ⁶⁰ Co | ⁶⁰ Co, T _{хр} = 10 лет | ⁶⁰ Co, T _{хр} = 20 лет |
| 1·10 ⁴ | 2,2·10 ⁴ | 6·10 ³ | 1,6·10 ³ | 1·10 ³ | 1,9·10 ³ | 5,1·10 ² | 1,4·10 ² |

Таблица 7. Оценки стоимости захоронения по оптимизированной классификации удаляемых РАО и с учетом частных критериев приемлемости

| Пункт хранения | Объем накопленных РАО, м ³ | Стоимость захоронения по оптимизированным критериям классификации, млн руб. | Стоимость захоронения с учетом частных критериев приемлемости, млн руб. |
|----------------|---------------------------------------|---|---|
| ХЖТО САЭС | ~ 12 000 | 640 | 2 440 |
| ХТРО №8 | ~ 5 000 | 760 | 3 240 |

более высокого класса. В соответствии с формулой (1) можно оценить ориентировочно активность ⁶⁰Co, которому соответствуют значения активности ⁶³Ni, установленные в качестве критериев приемлемости (табл. 6) для различного времени хранения.

Таким образом, установление критериев приемлемости по содержанию ⁶³Ni ограничит активность ⁶⁰Co в накопленных РАО (при длительности хранения более 20 лет) величиной не более 140 Бк/г (для класса 4) и не более 1600 Бк/г (для класса 3).

В табл. 7 приведены оценки стоимости захоронения РАО для 2 ПХ РАО с учетом оптимизированной классификации и с учетом ограничений, выставляемых проектом частных критериев приемлемости.

Как видно из представленных данных, установление необоснованно жестких частных критериев приемлемости может привести к существенным дополнительным издержкам на захоронение РАО (более чем 4,2 млрд только для двух ПХ). Ранее уже отмечалось, что радионуклид ⁶³Ni присутствует во всех РАО АЭС. С учетом суммарного объема накопленных РАО (более 200 000 м³ ТРО) подобные ограничения могут привести к издержкам в десятки миллиардов рублей.

Путь к разрешению проблемной ситуации — большая вовлеченность в процесс разработки

критериев приемлемости заинтересованных организаций и органа управления, например, обязательное рассмотрение этих вопросов на профильных НТС Госкорпорации «Росатом» с выдачей соответствующих рекомендаций.

Закключение

Действующая нормативно-правовая база создавалась в условиях существенных неопределенностей: отсутствовали достоверные знания об объемах накопленных и образующихся РАО и их характеристиках, не было опыта создания ПЗРО и практики кондиционирования РАО (за исключением отдельных типов РАО) и т. д. Тем не менее, совокупность НПА создала организационную и финансовую основу для запуска работ по созданию ЕГС РАО. По мере реализации этапов ее создания накапливается опыт, который помимо подтверждения правильности заложенных принципов показывает также и ряд недостатков, препятствующих снижению затрат на обращение с РАО.

На действующем этапе развития ЕГС РАО при устоявшихся принципах функционирования ЕГС РАО на первый план выходят вопросы оптимизации обращения с РАО и смежных областей (например, ВЭ ОИАЭ). Уже накопленный опыт показывает возможность оптимизации

нормативно-правового регулирования в ряде проблемных моментов, прямо или косвенно препятствующих снижению издержек на обращение с РАО. В основе выработки соответствующих решений должны лежать принципы радиационной безопасности, предъявляющие требования в том числе и к экономическим аспектам деятельности, а также принципы, заложенные в закон [2] — обязательность захоронения всех образующихся РАО и разделение собственности на РАО между государством и эксплуатирующими организациями.

Благодарность:

Авторы статьи выражают благодарность за ценные замечания и предложения:

Савкину М. Н., старшему научному сотруднику ИБРАЭ РАН;

Архиповой Л. А., начальнику отдела экономического планирования и тарифообразования ФГУП НО «РАО».

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 19 ноября 2012 г. № 1185 «Об определении порядка и сроков создания единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами».
2. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Особые радиоактивные отходы / Под общ. ред. И.И. Линге. — М.: ООО «САМ полиграфист». — 2015. — 240 с.
4. *Бочаров К. Г., Михеев С. В., Ведерникова М. В.* Перспективы работ по накопленным РАО в организациях Топливной компании АО «ТВЭЛ» // Радиоактивные отходы. 2017. — № 1. — С. 85—92.
5. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 07.07.2014 № 1/24-НПА «Об утверждении сроков промежуточного хранения РАО и объемов таких отходов для организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов».
7. *Пырков И. В., Тимофеева Е. Б., Тихонов И. И. и др.* Внедрение технологии радионуклидного вектора на Нововоронежской АЭС / Материалы МНТК Росэнергоатом. — 2014.
8. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» (НП-093-14).
9. Захоронение радиоактивных отходов, Конкретные требования безопасности № SSR-5: Нормы МАГАТЭ по безопасности. — МАГАТЭ, Вена. — 2011.
10. Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-14, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2011.
11. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-23, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2012.
12. Письмо заместителя директора по эксплуатации ФГУП НО РАО. — Исх. №319-411/3503 от 26.10.2016

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.

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.

Самойлов Андрей Анатольевич, главный специалист, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Б. Тульская ул., д. 52), e-mail: samoylov@ibrae.ac.ru.

Шарафутдинов Рашет Борисович, кандидат технических наук, заместитель директора, ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5), e-mail: charafoutdinov@secnrs.ru.

Библиографическое описание данной статьи

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. 22—31.

FEASIBILITY STUDY ON ENHANCING THE EFFICIENCY OF USS RW REGULATORY FRAMEWORK

Aleksandr N. Dorofeev

State Atomic Energy Corporation Rosatom, Moscow, Russian Federation

Igor I. Linge, Andrey A. Samoylov

Nuclear Safety Institute of RAS, Moscow, Russian Federation

Rashet B. Sharafutdinov

Federal State Funded Institution Scientific and Engineering Center for Nuclear and Radiation Safety,
Moscow, Russian Federation

Article received 26 September 2017

As in case of any system combining both organizational and technological aspects, the development of a Unified State System for Radioactive Waste Management (USS RW) involves staged deployment of its infrastructural and functional components in accordance with the timeframes and procedures specified by the Government of the Russian Federation. The setup of all required tools, including regulatory, infrastructural and technological ones is also a part of this process. The paper discusses the start of preliminary activities aimed at development of a comprehensive data array being part of a feasibility study aimed at regulatory optimization of radioactive waste management system in Russia. The paper presents the existing challenges producing negative impacts and impeding the efficiency improvement in RW management, as well as relevant options enabling to address them.

Keywords: radioactive waste management, radioactive waste disposal, legal regulation, classification of non-retrievable radioactive waste, radioactive waste acceptance criteria for disposal.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the valuable comments and suggestions of: *Savkin M. N.*, Senior Research Scientist, IBRAE RAN (Nuclear Safety Institute); *Arhipova L. A.*, Head of Economic Planning and Tariff Department, FSUE NO RAO.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 19 noyabrya 2012 g. № 1185 «Ob opredelenii poryadka i srokov sozdaniya edinoj gosudarstvennoj sistemy obrashcheniya s radioaktivnymi othodami».
2. Federal'nyj zakon ot 11 iyulya 2011 g. № 190-FZ «Ob obrashchenii s radioaktivnymi othodami i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii».
3. Osobyje radioaktivnye othody / Pod obshch. red. I. I. Linge. — M.: OOO «SAM poligrafist». — 2015. — 240 s.
4. *Bocharov K. G., Miheev S. V., Vedernikova M. V.* Perspektivy rabot po nakoplyennym RAO v organizacijah Toplivoj kompanii AO «TVEHL» // Radioaktivnye othody.. 2017. — № 1. — С. 85—92.
5. Prikaz Goskorporacii «Rosatom» ot 07.07.2014 № 1/24-NPA «Ob utverzhenii srokov promezhutochnogo hraneniya RAO i ob'emov takih othodov dlya organizacij, ehkspluatiruyushchih osobo radiacionno opasnye i yaderno opasnye proizvodstva i ob'ekty».
6. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 19 oktyabrya 2012 g. № 1069 «O kriteriyah otneseniya tverdyh, zhidkih i gazoobraznyh othodov k radioaktivnym othodam, kriteriyah otneseniya radioaktivnyh othodov k osobym radioaktivnym othodam i k udalyaemym radioaktivnym othodam i kriteriyah klassifikacii udalyaemyh radioaktivnyh othodov».
7. *Pyrkov I. V., Timofeeva E. B., Tihonov I. I. i dr.* Vnedrenie tekhnologii radionuklidnogo vektora na Novovoronezhskoj AEHS / Materialy MNTK Rosehnergoatom-2014.
8. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoj ehnergii «Kriterii priemlemosti radioaktivnyh othodov dlya zahoroneniya» (NP-093-14).
9. Zahoronenie radioaktivnyh othodov, Konkretnye trebovaniya bezopasnosti № SSR-5: Normy MAGATEH po bezopasnosti. — MAGATEH, Vienna. — 2011.
10. Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-14, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2011.

11. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Guide No SSG-23, IAEA Safety Standards. — IAEA, Vienna. — 2012.
12. Pis'mo zamestitelya direktora po ehkspluatacii FGUP NO RAO. — Iskh. №319-411/3503 ot 26.10.2016
-

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

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

Samoylov Andrey Anatolevich, Chief Specialist, Nuclear Safety Institute, Institute (52, Bolshaya Tuskaya St., Moscow, 115191), e-mail: samoylov@ibrae.ac.ru

Sharafutdinov Raset Borisovich, PhD, Deputy Director of Federal State-Funded Institution Scientific and Engineering Center of Nuclear and Radiation Safety (5, 2/8, Malaya Krasnoselskaya St., Moscow, 107140), e-mail: charafoutdinov@secnrs.ru

Bibliographic description

Dorofeev A. N., Linge I. I., Samoylov A. A., Sharafutdinov R. B. Feasibility study on enhancing the efficiency of uss rw regulatory framework // Radioactive Waste. — 2017. — № 1. — pp. 22–31. (In Russian).