

## Обращение с особыми радиоактивными отходами: прогресс практической деятельности и актуальные задачи

И.И. Линге, М.Н. Савкин, М.В. Ведерникова

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва

*Обсуждаются методологические подходы к обоснованию отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и результаты их практического применения в ходе первичной регистрации РАО.*

*Ключевые слова: классификация радиоактивных отходов, особые радиоактивные отходы, период потенциальной опасности, сценарий захоронения, критерии отнесения, коллективная эффективная доза, обобщенный риск потенциального облучения.*

### Введение

Федеральным законом от 11.07.2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – №190-ФЗ) было введено подразделение радиоактивных отходов (РАО) на удаляемые и особые РАО, исходя из сравнения радиационных и иных рисков и затрат при альтернативных вариантах обращения с РАО, включая их захоронение [1]. Законодательное введение категории особых РАО позволило приступить к реализации принципиально новой стратегии обращения с накопленными РАО с учетом специфики образования ядерного наследия. Первым этапом в этой деятельности является первичная регистрация накопленных РАО, в результате которой часть РАО будет отнесена к особым РАО [2].

Постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 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» (далее – ПП № 1069) [3] были определены комплексные радиологические, радиоэкологические и экономические критерии отнесения РАО к особым РАО. Это постановление также послужило основанием для внесения изменений в санитарные правила [4–6] в части отнесения отходов к РАО и по ряду иных документов.

Укрупненные формулировки критериев в ПП № 1069 вскрыли пробелы в долгосрочном регулировании безопасности и создали ряд неясностей в их трактовке с позиций современной системы радиационной защиты, что потребовало разработки специального методологического подхода [7, 8]. В разработке подхода приняли участие ведущие специалисты ИБРАЭ РАН, Госкорпорации «Росатом»; ФГУП «ПО «Маяк»; НПО «Тайфун» Росгидромета; органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии и их научных организаций, в том числе: Минприроды России, ФБУ «НТЦ ЯРБ» Ростехнадзора, ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

**Цель исследования** – описание разработанных принципов, подходов, допущений и процедур, которые были рекомендованы для сравнительного анализа радиологических рисков и затрат при различных вариантах обращения с РАО, оценке их соответствия современной системе радиационной защиты и оценке соответствия практических результатов отнесения РАО к особым основным принципам радиационной защиты.

### 1. Развитие правовой и нормативной основы обращения с РАО

В новейшей истории России правовым аспектам обращения с РАО периодически уделялось значительное внимание. Началом отсчета следует считать постановление Первого съезда народных депутатов РСФСР, которое увязывало вопросы обеспечения радиационной безопасности в основном с радиоактивными отходами. Во исполнение этого постановления Президентом России было издано распоряжение от 21.11.1991 г. № 70-рп с конкретными поручениями Совету министров РСФСР, в том числе:

«– разработать проект Государственной программы РСФСР по обращению с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, по их утилизации и захоронению радиоактивных отходов;

– образовать российскую научную комиссию по радиационной защите, поручив ей разработку соответствующих концепций и нормативных актов».

Второй этап приходится на 1995 г., когда был принят Федеральный закон от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии». Одновременно был разработан законопроект «Об обращении с радиоактивными отходами», который был принят Федеральным собранием, но отклонен президентом России. В этот же период было разработано и принято 18 федеральных, президентских и отраслевых программ, касающихся отдельных вопросов ядерной и радиационной безопасности. Однако большая часть задач, стоявших перед этими программами, выполнена не была, так как они финансировались на уровне нескольких процентов от запланированных объемов.

Начало третьего этапа можно отнести к 2007 г., когда была принята Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасно-

сти на 2008 год и на период до 2015 г.» (распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2007 г. № 484-р), ставшая одним из основных механизмов реализации мероприятий по безопасному обращению с накопленными РАО.

В 2011 г. вступил в силу Федеральный закон от 11.07.2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – №190-ФЗ). На сегодня сформирована система правовых, нормативных и организационных документов, призванная упорядочить обращение с РАО, включая их захоронение. К их числу относятся постановления Правительства Российской Федерации от 25.07.2012 г. № 767 «О проведении первичной регистрации РАО» и ПП №1069, санитарные правила ОСПОРБ-99/2010 и СПОРО-2002 с изменениями от 16.09.2013 г. [1–6], федеральные правила [9, 10], приказы Госкорпорации «Росатом» и Минприроды России. Эта активная нормотворческая деятельность совпала во времени с эволюционным пересмотром рекомендаций Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и документов Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), но была не в полной мере гармонизирована с международной системой по содержанию [11–15]. В «Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.», утвержденной 1 марта 2012 г. президентом России, в числе пяти основных факторов, определяющих государственную политику на современном этапе, выделим два, которые имеют отношение к тематике статьи:

«– высокая чувствительность политики ведущих ядерных держав к радиационным авариям, проблемам обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, а также к ликвидации накопленного экологического ущерба и реабилитации загрязненных участков территории Российской Федерации;

– повышение международных требований к безопасности объектов использования атомной энергии и, как следствие, гармонизация норм ядерной и радиационной безопасности на глобальном уровне».

Однако следует констатировать, что специфика проблемы накопленных РАО в России и ее масштаб еще не нашли своего конкретного отражения в международных требованиях и нормах. Критерии отнесения РАО к особым, предусмотренные ПП № 1069, на текущем этапе в определенной мере восполняет этот пробел.

## 2. Критерии отнесения РАО к особым РАО

Структура критериев отнесения РАО к особым РАО, утвержденная ПП № 1069, демонстрирует различную природу ограничений, направленных на обеспечение радиационной безопасности настоящего и будущих поколений и охрану окружающей среды (рис.).

Рисунок иллюстрирует следующее:

– во-первых, номенклатура критериев ПП № 1069 не учитывает «иных рисков» нерадиационной природы при категорировании РАО на особые и удаляемые РАО, упомянутых в № 190-ФЗ;

– во-вторых, в качестве количественных показателей «рисков, связанных с радиационным воздействием», установлены коллективная эффективная доза облучения, риск потенциального облучения (далее – ОРПО) и совокупный размер возможного вреда окружающей среде (далее СРВВ ОС) за весь период потенциальной опасности РАО;

– в-третьих, качественный критерий заключается в облигатном требовании размещения пункта хранения РАО и его санитарно-защитной зоны (СЗЗ) вне границ населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, прибрежных защитных полос и водоохраных зон водных объектов, других охранных и защитных зон, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации.

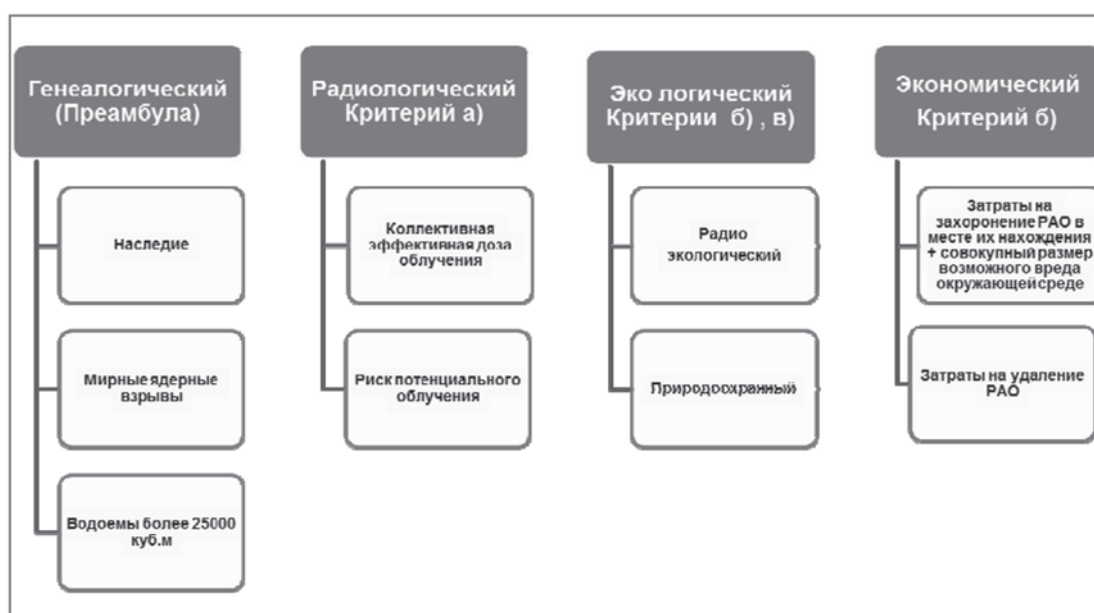


Рис. Логическая схема критериев отнесения РАО к особым РАО [3]

Таким образом, введенные ПП № 1069 критерии представляют собой дополнительные регулирующие требования к действующим федеральным и санитарным нормам и правилам в области обеспечения радиационной безопасности. Специфика этих дополнительных требований состоит в том, что они относятся не к референтным индивидам (лицам из критической группы населения и персоналу ядерно и радиационно опасного объекта), а к популяции настоящего и будущих поколений.

Неопределенности долгосрочных оценок критериальных параметров доз облучения, рисков и затрат весьма велики. Они усугубляются отсутствием проектных решений и эксплуатационного опыта обращения с особыми и удаляемыми РАО на этапах консервации и захоронения для многих пунктов размещения РАО. МКРЗ полагает, что относиться к прогнозным оценкам доз облучения и рисков на сотни лет следует скорее как к индикаторам защиты для принятой схемы захоронения, а не точной мере радиологического и радиоэкологического вреда человеку и окружающей среде. Отечественная традиция надзора за радиационной безопасностью заключается в стремлении к однозначной трактовке радиационной ситуации: оцениванию соблюдения или несоблюдения действующих требований и нормативов. Поэтому, приступая к разработке методологического подхода, направленного на реализацию положений № 190-ФЗ и ПП № 1069, были проанализированы действующие отечественные регулирующие требования и нормы, перспективы их развития в направлении гармонизации с современными международными рекомендациями и стандартами. Принцип минимизации рисков и затрат при оценке альтернативных вариантов захоронения РАО представляет собой объединение целей и принципов радиационной безопасности:

- принципа обоснования практической деятельности, сформулированного в п.2.2 НРБ-99/2009 [16];

- принципа защиты настоящего и будущего поколений, который применительно к РАО сформулирован в Основополагающих принципах безопасности [12] в п. 3.29: «Обращение с РАО должно быть организовано таким образом, чтобы оно не вело к созданию неоправданных проблем для будущих поколений, т.е. поколения, производящие отходы должны изыскивать и применять рациональные и экологически приемлемые методы долгосрочного обращения с отходами...»

В новых рекомендациях МКРЗ и нормах МАГАТЭ [11, 13] обращение с РАО может рассматриваться либо в рамках ситуации планируемого облучения, когда этапы обращения с отходами, включая захоронение, являются составной частью технологии использования атомной энергии, либо в рамках ситуации существующего облучения, в случае, если эта ситуация «уже сложилась к тому моменту, когда было принято решение о введении ее контроля, включая воздействие естественного фона, остаточное облучение от деятельности в прошлом или от радиационных аварий...». Фактически подразделение РАО на особые и удаляемые РАО в № 190-ФЗ согласуется с этим базовым упрощением современной международной системы радиационной защиты и, следовательно, концепцией граничных доз, граничных рисков и референтных уровней, которые следует использовать в указанных ситуациях облучения. В целях контроля облучения населения от захоронений РАО, в том числе для планируемого захо-

ронения долгоживущих РАО, МКРЗ в своих Публикациях 76 и 81, изданных в 1997 и 1998 гг., рекомендовало значение граничной дозы для лиц из населения, не превышающее 0,3 мЗв год<sup>-1</sup>. Это значение было подтверждено и в Рекомендациях 2007 г. [11]. В этот же период времени в ОСПОРБ-99, СПОРО-2002, ОСПОРБ-99/2010 были установлены более строгие дозовые ограничения:

- в первоначальной редакции ОСПОРБ-99/2010 [4]: «Эффективная доза облучения населения, обусловленная обращением с РАО, ...включая этапы их хранения и захоронения, не должна превышать 10 мкЗв/год»;

- в редакции 2013 г.[6]: «Годовая эффективная доза облучения критической группы населения при всех видах обращения с РАО до их захоронения не должна превышать 0,1 мЗв. Годовая эффективная доза облучения критической группы населения за счет РАО после их захоронения не должна превышать 0,01 мЗв».

Следовательно, санитарные правила устанавливают годовую дозовую квоту после захоронения РАО, соответствующую уровню пренебрежимо малого индивидуального пожизненного риска 10<sup>-6</sup> год<sup>-1</sup>.

ПП № 1069 не содержит радиологических критериев, относящихся к индивидууму и годовым интервалам облучения, а оперирует коллективной эффективной дозой за весь период потенциальной опасности РАО. Международные рекомендации [11] предполагают использование коллективной эффективной дозы для оптимизации радиационной защиты, главным образом, персонала и сравнения радиационных технологий между собой. При этом в Публикации 101b МКРЗ [17] введено понятие «дозовой матрицы», представляющей собой дезинтегрированную коллективную дозу с учетом трех факторов: диапазона годовых индивидуальных доз, интервалов времени (от текущего до отдаленного будущего) и распространения радиационного воздействия в пространстве (локальный, региональный и глобальный масштаб). Фактически дозовый критерий

ПП № 1069 представляет собой вырожденную матрицу, состоящую из одного элемента, что обоснованно, так как индивидуальные дозы при обращении с особыми РАО незначительны на протяжении всего периода потенциальной опасности РАО и масштаб радиационного воздействия имеет локальный характер.

Следует отметить расхождение ПП № 1069 с НРБ-99/2009 в части оценки безопасности конечного состояния ПЗРО: после перевода пункта размещения или пункта консервации РАО в ПЗРО, с одной стороны, он перестает представлять радиационную опасность (доза не должна превышать 0,01 мЗв год<sup>-1</sup>), а с другой стороны, ПП № 1069 запрещает размещать радиационно безопасный ПЗРО в определенных зонах (критерий в). Это требование ПП № 1069 нуждается в разъяснении и уточнении.

### 3. Методическое обоснование отнесения РАО к особым РАО

Стремление к непротиворечивому сочетанию ПП № 1069 с действующими нормами и правилами стало основной целью при разработке методологического подхода [7, 8].

Одно из предложенных методических решений заключалось в применении монетарного подхода для совместной количественной оценки радиационных рисков

и затрат. Таким путем предполагалось исключить спорные ситуации при сравнении вариантов захоронения, возникающие при невыполнении одного из критериев ПП № 1069. Этот подход был отвергнут экспертами в связи с тем, что примат экономической целесообразности по сравнению с радиационной безопасностью и применение упрощенного метода оптимизации «затраты – выгода (cost– benefit analysis)» для стратегического планирования неприемлемы с социальных позиций.

Другой вариант объединения радиологического критерия в один показатель предложен в справочном приложении Руководства ФМБА России [18]. Решение об отнесении РАО к особым РАО считается обоснованным, если выполняется следующее условие: сумма коллективных доз персонала и населения при нормальных условиях обращения с РАО и в случае аварийных ситуаций для варианта удаления РАО превышает аналогичную сумму для варианта консервации и захоронения РАО в месте их нахождения. При соблюдении ограничений индивидуальных доз персонала и населения для рассматриваемых альтернативных вариантов обращения с РАО такая свертка коллективных доз персонала и населения не возбраняется действующими нормами радиационной безопасности [16], но представляется спорной, исходя из международных рекомендаций – параграф (40) и раздел 4.4.7 Публикации 103 [11]. До настоящего времени радиационное воздействие на персонал и население рассматривалось отдельно.

Третий предложенный подход был направлен на минимизацию расчетов по обоснованию отнесения РАО к особым РАО. Для этого предлагалось исключить из анализа однотипные этапы обращения с особыми и удаляемыми РАО, например, проведение комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО), создание инфраструктуры в месте нахождения РАО, и рассматривать только те этапы обращения с РАО, которые вносят наибольший вклад в риски и затраты. Отмечая рациональность такого подхода, специалисты регулирующих органов отметили неполное соответствие рассчитанных таким образом критериальных параметров критериям ПП № 1069.

Наконец, базовый подход, принятый к реализации, предполагает полный анализ критериальных показателей для сценария захоронения в месте нахождения РАО.

#### *Коллективная эффективная доза*

Допущения, принятые при расчете коллективной эффективной дозы включали следующее:

1. Дозы персонала и населения рассчитываются раздельно.

2. Для обоснования отнесения РАО к особым РАО достаточно, чтобы коллективная доза персонала, оцененная для наиболее дозозатратных работ, предусмотренных сценарием удаления РАО, достоверно превышала коллективную дозу персонала при захоронении РАО в месте их нахождения, с учетом всех работ, предусмотренных сценарием, в ходе которых формируется доза.

3. При обосновании отнесения РАО к особым РАО рекомендуется проводить консервативную оценку дозы облучения для сценария захоронения РАО в месте их

нахождения путем использования верхних оценок трудозатрат при выполнении отдельных операций и радиационной обстановки на рабочих местах. Для сценария удаления РАО следует использовать более реалистичские модели оценки доз. Таким способом достигается достоверность отнесения РАО к особым РАО без анализа неопределенностей.

4. Принимается, что на любом этапе обращения с РАО соблюдение установленных дозовых ограничений для персонала достигается на основе эксплуатационных требований, а не путем сменности персонала. Это условие соответствует положению МАГАТЭ: «Численность необходимого персонала следует определять только на основе эксплуатационных требований, и ее не следует увеличивать с тем, чтобы обеспечить соблюдение установленных пределов облучения».

5. Оценка и сравнение коллективных доз облучения населения, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения и удалением РАО, не проводится, если в течение всего периода потенциальной опасности в режиме нормального обращения с РАО средняя годовая индивидуальная эффективная доза облучения населения не превышает 10 мкЗв. В этом случае индивидуальный пожизненный риск не будет превышать уровня пренебрежимо малого риска 10<sup>-6</sup> [16].

#### *Риск потенциального облучения*

В НРБ-99/2009 установлены граничные значения годового обобщенного риска потенциального облучения (ОРПО) для персонала 2·10<sup>-4</sup> год<sup>-1</sup> и для населения 1·10<sup>-5</sup> год<sup>-1</sup>. В ПП № 1069 установлены интегральные показатели ОРПО за весь период потенциальной опасности. Следовательно, должны быть оценены средние дозы у лиц, которые могут вовлекаться в возможные аварийные ситуации, и численность этих лиц. Это означает, что в дополнение к ограничению индивидуального годового риска требуется рассчитывать коллективный риск для персонала и населения. При расчете коллективного ОРПО принимается следующий подход:

Причинами радиационных аварий могут быть внешние воздействия на объект, вследствие природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций, а также технологические аварии на этапах обращения с РАО.

В качестве исходных данных рекомендуется пользоваться проектом консервации пункта хранения (в случае, если проект разработан); отчетом по обоснованию радиационной безопасности объекта; материалами, использованными для определения категории потенциальной опасности радиационного объекта.

Для длительных этапов эксплуатации пунктов консервации РАО и ПЗРО (сотни лет) в соответствии с международными нормами предлагается к ситуациям потенциального облучения относить события, которые происходят с вероятностью 1 раз в 100 лет и ниже (менее 10<sup>-2</sup>год<sup>-1</sup>). Более частые аварийные события и облучение от них должны рассматриваться в рамках планируемого облучения. Аварии с вероятностью:

– от 10<sup>-4</sup>год<sup>-1</sup> до 10<sup>-2</sup>год<sup>-1</sup> относятся к проектным авариям,

– от 10<sup>-6</sup>год<sup>-1</sup> до 10<sup>-4</sup>год<sup>-1</sup> – к гипотетическим авариям,

– менее 10<sup>-6</sup>год<sup>-1</sup> можно не принимать во внимание при оценке ОРПО.

*Совокупный размер возможного  
вреда окружающей среде*

В последних рекомендациях МКРЗ [11] защита биоты стала составной частью системы радиационной защиты. Радиоэкологические принципы, концепции и модели активно развиваются МКРЗ, НКДАР ООН, Международным союзом радиоэкологов. В России внедрение этих подходов происходит под эгидой Минприроды России. Большую роль в этом процессе играют авторитетные ученые академик Р.М. Алексахин и профессор И.И. Крышев. С учетом методик исчисления вреда, причиненного объектам живого мира, и установленных такс, под совокупным размером возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения понимается оцененная в денежном эквиваленте гибель объектов живой природы вследствие радиационного воздействия. Оценка производится на основе расчета мощностей доз облучения референтных объектов живой природы на территории воздействия пункта хранения РАО и сравнении полученных значений с критериями сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения радиоэкологической безопасности. В качестве такого консервативного критерия экологически безопасного уровня облучения объектов природной среды принимается значение  $1 \text{ мГр} \cdot \text{сут}^{-1}$  для организмов животного мира и  $10 \text{ мГр} \cdot \text{сут}^{-1}$  для организмов растительного мира. Непревышение этих уровней позволяет утверждать об отсутствии возможного вреда окружающей среде. В случае превышения этих уровней консервативно предполагается гибель объектов живой природы и производится расчет вреда окружающей среде. Оценка денежного эквивалента совокупного размера возможного вреда окружающей среде производится в соответствии с нормативно-методическими документами в области охраны окружающей среды: постановления Правительства Российской Федерации, приказы Минприроды России, Минсельхоза России и Росрыболовства, изданные в 2010–2012 гг.

*Проведение оценок затрат для двух вариантов  
обращения с РАО*

В соответствии с ПП №1069 для отнесения РАО к особым РАО должны быть выполнены оценки затрат для двух вариантов обращения с РАО. Оценка расходов, связанных с удалением РАО (включая расходы на их извлечение из пункта хранения, переработку, кондиционирование, перевозку к пункту захоронения и захоронение), должна рассчитываться в соответствии с методикой определения состава затрат, утвержденной Государственной корпорацией «Росатом» от 28 ноября 2013 г.

№ 1/16-НПА. Оценка затрат, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения, должна включать расходы на перевод пункта хранения в пункт захоронения РАО, его эксплуатацию и закрытие, обеспечение безопасности в течение всего периода потенциальной опасности РАО, при этом в ПП № 1069 не указываются документы, в соответствии с которыми должны проводиться данные оценки. В рамках обоснования предложен следующий подход к проведению указанных оценок:

1. Стоимость работ проводится в ценах базового года без учета инфляции.

2. Для обоснования отнесения РАО к особым РАО достаточно, чтобы оценка затрат, связанных с удалением РАО, достоверно превышала полученную оценку затрат, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения, а также оценку совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения.

3. Оценки затрат как для варианта удаления РАО, так и для варианта захоронения РАО в месте их нахождения, проводятся с учетом данных проектной, конструкторской, эксплуатационной документации, в том числе проекта консервации.

В отношении оценки затрат, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения, предлагается использовать данные проекта консервации конкретного ПХРО, в случае, если он разработан, прототипа, удельные затраты на типовые операции обращения или экспертные оценки, на основе анализа уже проведенных работ на предприятиях: ФГУП «РосРАО», ФГУП Федеральная ядерная организация «Горно-химический комбинат», ФГУП «Производственное объединение «Маяк», ОАО «Сибирский химический комбинат», НИЦ «Курчатовский институт». Подходом предусмотрено пошаговое выполнение затрат на удаление РАО, оценка затрат прекращается, в том случае, если они превышают затраты на захоронение РАО и полученную оценку совокупного размера возможного вреда окружающей среде.

*Использование методического подхода  
при проведении первичной регистрации*

В 2013–2014 гг. Госкорпорацией «Росатом» проводится первичная регистрация накопленных РАО, размещенных более чем в 1000 пунктах хранения. Организациями отрасли подготовлено 70\* обоснований отнесения РАО к особым РАО, размещенных на площадках ФГУП «ПО «Маяк», ОАО «СХК», ОАО «ОДЦ УГР», ФГУП ФЯО «ГХК», ОАО «НЗХК», ОАО «ЧМЗ», ОАО «ППГХО», ОАО «ПО ЭХЗ». В случае, если эти обоснования будут приняты комиссиями, к особым РАО будет отнесено более 472,8 млн мЗ накопленных РАО. Даже с исключением из рассмотрения объектов, извлечение РАО из которых никогда не предполагалось, например, водоема В-9 (оз. Карачай), Теченского каскада водоемов ихвостохранилищ ОАО «ППГХО», предотвращенные расходы будущих периодов по перечисленным объектам превышают 260 млрд руб. и уменьшают дозозатраты будущих периодов минимум на 50 чел. •Зв, что соответствует более 50 реакторо-лет эксплуатации блоков АЭС. Эффект отнесения РАО к особым РАО для ряда объектов приведен в таблице 1.

Таким образом, отнесение к особым РАО позволит обеспечить возможность реализации не менее безопасного, но существенно менее затратного способа окончательной изоляции ранее накопленных РАО – консервации пункта хранения РАО, а затем и обоснованного с позиций долгосрочной безопасности перевода в пункт захоронения РАО.

\* По ряду объектов на момент опубликования статьи первичная регистрация еще не была проведена, решение об отнесении РАО к особым РАО комиссией не принято.

Таблица 1

Результаты оценок альтернативных вариантов обращения с РАО, при обосновании отнесения РАО к особым РАО

№	Наименование пункта хранения РАО / Организация	Объем РАО, м <sup>3</sup>	Снижение значений критериальных показателей		
			Коллективных доз облучения, чел. Зв	Кратность снижения ОРПО	Расходов будущих периодов, млрд руб.
1.	Площадка для захоронения отходов/ ОАО «ПО ЭХЗ»	6,65E+03	Более 0,04	100	Более 0,8
2.	Пункт хранения ТРО/ ОАО «УЭХК»	4,99E+04	Более 0,3	4	Более 8,2
3.	Хвостохранилище НЗХК/ ОАО «НЗХК»	9,56E+05	Более 1,8	2400	Более 27
4.	Об. 650/1 (хранилище ТРО)/ ФГУП «ГХК»	8,37E+03	Более 1,1	200	Более 14,5
5.	Об. 651/2 (хранилище ТРО)/ ФГУП «ГХК»	4,28E+03	Более 0,4	500	Более 7
6.	Об. 354 (хранилище ТРО)/ ФГУП «ГХК»	1,10E+04	Более 0,4	3500	Более 45
7.	Могильник №8/ ФГУП «ПО «Маяк»	1,25E+04	Более 0,13	7	Более 4,5

#### 4. Актуальные радиационно-гигиенические аспекты обращения с особыми РАО

##### Дозовое квотирование

Согласно НРБ-99/2009, дозовые квоты устанавливаются только для техногенного облучения. Распространение концепции дозового квотирования на РАО, содержащие природные радионуклиды, исходя из того, что они образуются в атомной промышленности, не является изобретением отечественного санитарного нормирования. Подобный подход рассмотрения всех этапов ядерного топливного цикла, включая добычу урановых руд и обращение с их отходами, характерен и для стандартов МАГАТЭ. Более рациональная позиция предлагается МКРЗ, в которой ограничение облучения от природных источников относят к ситуации существующего облучения. В отношении особых РАО, содержащих природные радионуклиды, предлагается использовать в качестве критерия отнесения к РАО повышенные уровни удельной активности, характерные, например, для урановых месторождений.

##### Концепция усечения количественных радиационных параметров

В основе ограничения области применения системы радиационной защиты «снизу» находится принцип рим-

ского права «de minimis non curat lex – закон не распространяется на пустяки». В стандартах МАГАТЭ различают концепцию изъятия a priori радиационного источника или практической деятельности из-под регулирующего контроля и освобождение радиоактивных материалов, которые используются в разрешенной практической деятельности от дальнейшего регулирующего контроля. В НРБ-99/2009 (п. 1.4) на основе дозовых критериев перечислены источники, выводимые из системы регулирования, а в ОСПОРБ-99/2010 (п. 1.7) понятие «регулирующий контроль» заменено на «радиационный контроль и учет» и формально изъятие и освобождение характеризуется уровнями МЗУА, МЗА (Приложение 4 НРБ) и уровнями удельной активности, допускающими неограниченное использование материалов (Приложение 3 ОСПОРБ).

Применительно к обращению с РАО предлагается расширить номенклатуру радиационных критериев, которые характеризуют нижнюю границу области применения системы радиационной безопасности, включая обобщенный риск потенциального облучения, совокупный размер возможного вреда окружающей среде, окончание периода потенциальной опасности РАО.

В таблице 2 дана сводка предлагаемых граничных условий «снизу» при расчете критериальных показателей.

Таблица 2

Усечение диапазона значений количественных параметров

Параметр	Концепция усечения	Граничное значение
Период потенциальной опасности	Горизонт научного прогноза, иммобилизация РАО со временем	1000 лет – техногенные радионуклиды
		300 лет – природные радионуклиды
Коллективная доза персонала	Незначимый МАЭД на рабочем месте	0,3 мкЗв/ч
Коллективная доза населения	Освобождение от контроля	10 мкЗв/год
ОРПО персонала	Граничный ОРПО до захоронения Диапазон вероятностей событий, приводящих к потенциальному облучению после захоронения	2·10 <sup>-4</sup> год <sup>-1</sup>
		R=10 <sup>-2</sup> год <sup>-1</sup> – 10 <sup>-6</sup> год <sup>-1</sup>
ОРПО населения	Граничный уровень ОРПО до захоронения	R=1,0·10 <sup>-5</sup> ·год <sup>-1</sup>
Совокупный размер возможного вреда окружающей среде	Пороговое действие излучения Пороговый уровень мощности дозы облучения биоты	Фауна – 1 мГрсут <sup>-1</sup>
		Флора – 10 мГрсут <sup>-1</sup>

*Период потенциальной опасности*

Согласно № 190-ФЗ и НП-055-04 [1, 9], период потенциальной опасности РАО определен как срок, в течение которого уровни радиоактивности РАО снижаются до показателей, при которых не требуется радиационный контроль.

Наиболее консервативная оценка периода потенциальной опасности ТРО исходит из предельных значений удельной активности радионуклидов (ПЗУА), установленных ПП № 1069, ниже которых РАО принципиально перестают быть таковыми. Для смеси радионуклидов период потенциальной опасности Т – это срок, по истечении которого сумма отношений максимальных удельных активностей радионуклидов ( $YA_i(T)$ ) в отходах к их предельным значениям ( $ПЗУА_i$ ) не превышает 1, т.е.:

$$\sum_i \frac{YA_i(T)}{ПЗУА_i} \leq 1 \quad (1)$$

Практическое использование этого консервативного подхода в эксплуатирующих организациях, где накопленные в хвостохранилищах или могильниках ТРО содержат природные радионуклиды, приводит к абсурдному выводу: ОНРАО, относящиеся к 6 классу удаляемых РАО, сохраняют свою потенциальную опасность миллионы лет, и в течение этого периода должны находиться под радиационным контролем. Причины этого парадокса следует искать в чрезмерно завышенных (примерно на порядок) требованиях российских норм и правил в отношении дозового квотирования по сравнению с международными стандартами, о чем говорилось выше. Следует также учитывать, что сценарии облучения, принятые для обоснования уровней изъятия в документах МАГАТЭ (соответственно МЗУА в НРБ-99/2009), исходили из наиболее неблагоприятных условий внешнего и внутреннего облучения от источников ограниченной массы (около тонны – нескольких тонн). Из совокупности оценок удельной активности радионуклидов, приводящих к годовой дозе

10 мкЗв. были выбраны наиболее низкие значения удельной активности, которые и были зафиксированы в форме уровней изъятия. Теперь значения МЗУА перенесены на РАО в форме ПЗУА в ПП № 1069 без учета влияния природных и инженерных барьеров безопасности ПХРО. В какой-то степени уровни ПЗУА адекватно отражают потенциальную опасность при обращении с удаляемыми РАО на этапах извлечения, сортировки, переработки и кондиционирования РАО, но являются избыточно консервативными для работ с особыми РАО, в том числе с РАО, содержащими природные радионуклиды.

Международные рекомендации в этом отношении, предлагая использовать в качестве критерия отнесения к РАО повышенные уровни удельной активности, характерные, например, для урановых месторождений, исходят из следующей логики:

- отходы, содержащие уран, не предполагаются для использования и после консервации ПХРО практически не мигрируют за пределы барьеров;
- на территориях с повышенным радиационным фоном за счет пород, содержащих повышенные концентрации природных радионуклидов, природное облучение ис-

ключается из системы радиационной защиты, так как на него практически невозможно влиять;

- если по результатам многолетнего мониторинга после консервации ПХРО будет доказано, что установленные гигиенические нормативы в отношении радионуклидов, входящих в естественные ряды  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{235}\text{U}$ , соблюдаются, то это будет служить доказательством завершения периода потенциальной опасности;
- на период 300 лет возможно относительно надежное прогнозирование эрозии покрывающих слоев пункта консервации.

*Уточнение размеров СЗЗ*

В общем случае границы СЗЗ вокруг ПХРО или ПЗРО определяются, исходя из требования ограничения облучения населения пределом годовой дозы или установленной для этого объекта квоты предела годовой дозы, формируемой за счет газоаэрозольных выбросов в атмосферу, жидких сбросов и др. [19]. Особенность ПХРО, пунктов консервации и ПЗРО заключается в том, что для них в принципе не устанавливаются ДВ и ДС. Поэтому внешняя граница проектируемой СЗЗ в этом случае основывается на результатах проведенных оценок миграции радионуклидов, а также ссылками на отсутствие возможного воздействия на население за счет ингаляционного поступления радионуклидов. На этапе отнесения РАО к особым РАО нецелесообразно учитывать возможное изменение границ СЗЗ в процессе консервации ПХРО. Как правило, установленная граница СЗЗ предприятия, имеющего пункты хранения РАО, рассчитана с гигиеническим запасом для основных действующих объектов, и ее изменение будет, главным образом, определяться развитием технологий, реконструкцией действующих производств и выводом из эксплуатации пунктов хранения.

*Ограничение на местоположение и происхождение особых РАО*

Дополнительные ограничения на местоположение пункта хранения особых РАО: «пункт хранения РАО и его санитарно-защитная зона размещены вне границ населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, прибрежных защитных полос и водоохраных зон водных объектов, других охранных и защитных зон, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации», и на происхождение РАО: «к особым РАО относятся РАО, образовавшиеся в результате выполнения программ вооружения и государственного оборонного заказа», утвержденные ПП № 1069, не дают возможность провести работы по переводу ряда пунктов хранения в более безопасное состояние с соблюдением федеральных норм и санитарных правил. К пунктам хранения особых РАО не могут быть отнесены, например, следующие объекты:

- объект использования ядерного заряда в мирных целях «Тавда», размещен на Вилежанском водозаборе в Тюменской области;
- пункты хранения ОАО «МСЗ», в которых размещено более 126 тыс. мЗ РАО, содержащих уран-238, торий-230, радий-226, размещены внутри границ г. Электросталь;
- пункты хранения Кирово-Чепецкого отделения ФГУП «РосРАО», в которых размещено около 300 тыс. мЗ РАО, размещены в г. Киров-Чепецк;

– могильники № 1 и № 2 Режевского района Свердловской области, содержащие более 40 тыс. м<sup>3</sup> отходов, образовавшихся при добычи тория-232, размещены в п. Озерный, на берегу р. Озерная;

– пункт хранения ОАО «ГМЗ» (более 12 млн. м<sup>3</sup> РАО) размещен на территории особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды;

– могильники ФГУП «РАДОН» (более 120 тыс. м<sup>3</sup> РАО), РАО образовались в народном хозяйстве.

Таким образом, введенные ПП № 1069 дополнительные требования к действующим федеральным и санитарным нормам и правилам не позволяют выполнить более экономичный и безопасный способ обращения с накопленными РАО, даже если будет доказано, что коллективные эффективные дозы, риски и затраты при удалении РАО значительно превысят дозы, риски и затраты при захоронении РАО в месте их нахождения.

### Заключение

1. В статье суммированы принципы, общие и специфические подходы к обоснованию отнесения РАО к особым РАО, примененные в ходе проведения первичной регистрации РАО, и описаны методические трудности, связанные с неопределенностью расчета критериальных параметров на весь период потенциальной опасности и частичной согласованностью отечественных и международных регулирующих документов.

2. В рамках проведения обоснования отнесения РАО к особым РАО использован ряд новых радиационно-гигиенических положений, касающихся оценки периода потенциальной опасности особых РАО, установления в перспективе СЗЗ ПХРО и ПЗРО, в том числе подход, предусматривающий целесообразность ограничения длительности расчетного периода на предпроектном этапе работ, каким является отнесение РАО к особым, периодом в 1000 лет, а для содержащих природные радионуклиды – 300 лет.

3. Показано, что отнесение РАО к особым осуществлено менее чем 10% случаев. Для этих случаев показано полное соответствие решений по отнесению РАО к особым основным требованиям радиационной защиты.

4. В ряде случаев, когда отнесение РАО к особым оказалось невозможным по причине несоответствия критериям ПП №1069 по происхождению и местоположению.

### Литература

1. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 июля 2012 г. № 767 «О проведении первичной регистрации радиоактивных отходов».

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 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».
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): СП 2.6.1.2612-10. – М.: Роспотребнадзор, 2010.
5. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-02): СП 2.6.6.1168-02: в ред. от 23.12.2010 № 167. – М.: Минздрав России, 2002.
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16 сентября 2013 г. N 43 «О внесении изменений в отдельные санитарные правила, устанавливающие требования в области радиационной безопасности» – М., 2013.
7. Линге, И.И. Подходы к оценке и сопоставлению доз, рисков и затрат для целей обоснования отнесения РАО к особым РАО. Препринт №ИВРАЕ-2013-06 / И.И. Линге, М.Н. Савкин, И.Л. Абалкина. – М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2013. – 38 с.
8. Линге, И.И. Развитие подходов к обоснованию отнесения РАО к особым РАО. Препринт ИБРАЭ №ИВРАЕ-2014-04 / И.И. Линге, М.Н. Савкин, И.Л. Абалкина. – М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2014. – 29 с.
9. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055-04, Ростехнадзор, 2004.
10. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. НП-058-04. Ростехнадзор, 2004.
11. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals ICRP 37(2–4), Elsevier Ltd, Amsterdam, 2007. – 264 p.
12. основополагающие принципы безопасности. Основы безопасности. Серия норм МАГАТЭ по безопасности № SF-1, МАГАТЭ, Вена, 2007. – 23 с.
13. IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna, 2011. – 303 p.
14. IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 6. Decommissioning of facilities. IAEA, Vienna, 2014.
15. IAEA Safety Standards Series No. GSG-1. Classification of Radioactive Waste. General Safety Guide. IAEA, Vienna, 2009.
16. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.
17. The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process. ICRP Publication 101b. Annals ICRP 36(3), Elsevier Ltd, Amsterdam, 2006 – p. 64-104.
18. Организация и осуществление государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обращением с радиоактивными отходами на предприятиях Госкорпорации «Росатом»Р СЭН РАО-14: Руководство. – М.: Федеральное медико-биологическое агентство, 2014. – 52 с.
19. СанПиН 2.6.1.2216-07. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ (СП СЗЗ и ЗН – 07). – М., 2007.

М.Н. Савкин  
E-mail: pbl@ibrae.ac.ru

Поступила: 03.10.2014 г.