

О ФОРМИРОВАНИИ ПЕРЕЧНЕЙ КОНТРОЛИРУЕМЫХ В РАО АТОМНЫХ СТАНЦИЙ РАДИОНУКЛИДОВ

Д. А. Шаров¹, А. С. Коротков¹, А. А. Загородних², И. И. Грибанов²

¹АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций», Москва

²АО «Концерн Росэнергоатом», Москва

Статья поступила в редакцию 4 октября 2025 г.

Статья посвящена обсуждению проблематики установления перечней контролируемых в радиоактивных отходах (РАО) атомных станций (АЭС) радионуклидов. Рассмотрен накопленный опыт их обоснования. Обозначены существующие в настоящий момент нерешенные вопросы и актуальные задачи. Сформулированы предложения по их решению с учетом необходимости внедрения положений вновь введенных документов по стандартизации и гармонизации перечней радионуклидов, разрешенных к размещению в пунктах захоронения, и контролируемых в РАО АЭС.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, атомная станция, радиационный контроль, перечень контролируемых радионуклидов, критерии приемлемости для захоронения.

Введение

Становление современной государственной системы обращения с РАО, главной целью которой является их безопасное захоронение, началось с вступлением в действие в 2011 году Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами...» (далее — 190-ФЗ) [1]. В соответствии с ним, РАО подлежат обязательному захоронению в пунктах захоронения (ПЗРО), за исключением особых и короткоживущих РАО, удельная активность которых в результате распада радионуклидов за время хранения может быть снижена до уровня, когда такие отходы перестают быть радиоактивными. Постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 [2] установлены критерии отнесения отходов к радиоактивным, а также их классификация. Способ и затраты на их захоронение однозначно обусловлены классом, который, в свою очередь, определяется составом

и удельной активностью содержащихся в них радионуклидов с периодом полураспада более 31 года. Следовательно, перечень радионуклидов, контролируемых в РАО с целью установления их класса, паспортизации и подтверждения соответствия критериям приемлемости для захоронения в ПЗРО, является важнейшей составляющей системы обращения с РАО.

На момент введения в действие Постановления Правительства РФ № 1069 характеристика РАО АЭС включала только определение активности гамма-излучающих радионуклидов, таких как ^{54}Mn , ^{60}Co , $^{134,137}\text{Cs}$ с периодом полураспада до 31 года, а также еще более короткоживущих ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{65}Zn и др. (в редких случаях контролировались бета-излучатели ^{90}Sr и ^3H , но это, скорее, исключение из правила). Все эти изотопы, согласно [2], относятся к короткоживущим и не могут обуславливать способ захоронения,

однако они вносят доминирующий вклад в общую активность очень низкоактивных, низко- и среднеактивных РАО, образующихся на АЭС, в течение времени их нахождения на промплощадке (несколько десятков лет). Важно, что АЭС располагают возможностью контролировать их содержание относительно малозатратными и оперативными методами с применением неразрушающей гамма-спектрометрии (мобильные установки, паспортизаторы РАО). Однако после хранения на территории АЭС свыше 15 лет (разрешенный предельный срок промежуточного хранения короткоживущих среднеактивных, низкоактивных и очень низкоактивных РАО согласно [3]) из приведенного перечня радионуклидов в РАО атомных станций фактически присутствуют только ^{60}Co и ^{137}Cs (за этот срок активность ^{60}Co в РАО снижается примерно в 8 раз, ^{137}Cs — в 1,4 раза, остальных радионуклидов из указанного списка — на 3–12 порядков). При этом контроль множества долгоживущих радионуклидов, которые могут определять класс РАО и их радиологическую опасность после захоронения, полностью отсутствовал. В то же время, с учетом вступивших с 01.01.2024 в действие изменений в критерии классификации РАО [4] ситуация изменилась, и именно их содержание определяет долговременную опасность РАО при захоронении и класс РАО [2].

После введения в действие 190-ФЗ и подзаконных актов, на АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» была проделана большая работа по исследованию радионуклидного состава РАО, определению соотношений между удельными активностями радионуклидов, разработке методического обеспечения радиационного контроля РАО. Проводилась работа по формированию перечней подлежащих контролю радионуклидов, однако она не носила системного характера ввиду отсутствия в нормативных документах требований и критериев формирования и обоснования таких перечней [5]. Решение актуальной отраслевой задачи разработки и стандартизации методологии формирования перечня радионуклидов, контролируемых в РАО ([6], [7]), необходимого и достаточного для их классификации, обеспечения безопасности при обращении с ними, включая захоронение и подтверждение их соответствия критериям приемлемости для захоронения, было реализовано к 2022 году. Для предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) рекомендации по формированию перечня были сформулированы в руководстве по безопасности РБ-004-21 «Рекомендации по формированию перечня радионуклидов, контролируемых в кондиционируемых радиоактивных отходах предприятий ядерного

топливного цикла» [8]. Для АЭС методика формирования перечня была установлена в введенном в действие с 01.03.2022 национальном стандарте ГОСТ Р 59968-2021 «Радиоактивные отходы атомных станций. Определение радиационных характеристик для передачи на захоронение» [9]. Указанный документ был разработан с целью унификации и оптимизации процедур радиационного контроля радионуклидов в РАО АЭС, передаваемых на захоронение, и, наряду с методикой формирования перечня контролируемых в РАО АЭС радионуклидов, установил требования к организации и проведению контроля радиационных характеристик РАО АЭС, включая применение расчетных методов и методологии радионуклидного вектора, и порядок определения категории и класса отходов на основании их изотопного состава и критериев классификации удаляемых РАО [6], [9].

К настоящему времени проблема формирования и применения обоснованных перечней радионуклидов при контроле РАО АЭС с целью передачи на захоронение полностью не снята. Остается ряд нерешенных вопросов и актуальных задач, обсуждению которых посвящена данная статья. Вопросы обеспечения радиационного контроля РАО по перечню радионуклидов в статье не рассматриваются.

Установление перечней радионуклидов для АЭС на основе исследования фактических характеристик РАО в соответствии с ГОСТ Р 59968-2021

Как было отмечено выше, АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» с 2011 года проделана большая работа по расширенному исследованию радиационных характеристик потоков РАО. Однако до последнего времени она не носила системного характера, в частности, ввиду отсутствия документов по стандартизации, нормативных актов и общей методической базы в области радиационного контроля РАО АЭС. Разработка ГОСТ Р 59968-2021 была направлена как раз на устранение указанных недостатков. В настоящее время реализуются шаги по унификации и систематизации подходов к радиационному контролю РАО путем внедрения положений ГОСТ Р 59968-2021 в практику характеристики РАО АЭС.

К настоящему времени на большей части АЭС в том или ином виде проведены первичные исследования радиационных характеристик РАО с целью определения перечня контролируемых радионуклидов, а также устойчивых и/или консервативных соотношений между их удельными

активностями (радионуклидных векторов, масштабирующих коэффициентов). В ходе экспериментальных исследований в потоках РАО АЭС обнаруживались радионуклиды ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{51}Cr , ^{54}Mn , $^{55,59}\text{Fe}$, $^{57,58,60}\text{Co}$, $^{59,63}\text{Ni}$, $^{89,90}\text{Sr}$, ^{93}Zr , $^{94,95}\text{Nb}$, ^{99}Tc , $^{103,106}\text{Ru}$, ^{107}Pd , $^{108,110\text{m}}\text{Ag}$, $^{122,124,125}\text{Sb}$, ^{129}I , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{144}Ce , $^{152,154}\text{Eu}$, $^{235,238}\text{U}$, $^{238,239,240,241,242}\text{Pu}$, $^{241,243}\text{Am}$, ^{237}Np , $^{243,244}\text{Cm}$ и ряд других изотопов, характеризующихся небольшим периодом полураспада. При этом состав обнаруживаемых радионуклидов варьировался в зависимости как от типа реакторной установки (РУ), так и от истории эксплуатации конкретного энергоблока.

Наиболее компактный перечень обоснован для Билибинской АЭС: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{59}Ni , ^{137}Cs . При этом продукт деления ^{137}Cs включен в качестве маркера возможного присутствия в РАО радионуклидов — продуктов деления. Важно отметить, что в силу специфики конструкции тепловыделяющих элементов реакторной установки ЭПП-6, исключаяющей поступление продуктов деления, равно как и топливной композиции, в теплоноситель первого контура, в основном объеме проб РАО обнаруживаются только продукты коррозии и активации его примесей. Продукты деления в РАО Билибинской АЭС, как правило, не обнаруживаются (за исключением хранилища жидких отходов).

Основная часть РАО АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» не содержит значимого количества радиоизотопов урана и трансурановых элементов. Хотя, безусловно, они присутствуют в незначительных количествах, что в основном обусловлено наличием поверхностного загрязнения топливной композицией свежего ядерного топлива, загружаемого в активную зону.

Перечни ВВЭР и РБМК в целом близки и включают: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{46}Sc , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{243}Cm , ^{244}Cm и др. Есть некоторые различия: например, в РАО РБМК присутствует со значимой активностью ^{46}Sc , образующийся при активации графита в нейтронных полях, не обнаруживаемый в отходах АЭС с ВВЭР. Для конкретных энергоблоков перечни варьируются, что определяется историей эксплуатации, состоянием активной зоны, применяемыми реагентами, материалами и другими влияющими факторами. Аналогично значительно варьируются соотношения между удельными активностями радионуклидов. Важно отметить, что контроль альфа-излучающих и трансурановых радионуклидов, ввиду их незначительного содержания в РАО, для большей части энергоблоков заменяется оценкой удельной суммарной альфа-активности.

Работы по исследованию характеристик РАО, образующихся при эксплуатации энергоблоков с реакторами БН, планируются в ближайшем будущем.

Работы по изучению характеристик РАО, образующихся при эксплуатации ПАТЭС, также пока не проводились.

РАО энергоблоков с РУ АМБ-100 и АМБ-200, вероятно, характеризуются наиболее сложным радионуклидным составом и требуют отдельного исследования с разработкой специфических методик радиационного контроля.

Следует отметить, что для основного объема потоков РАО АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» имеющиеся в настоящее время перечни контролируемых радионуклидов разрабатывались до введения в действие ГОСТ Р 59968-2021 и не учитывают его положения. Целесообразно продолжение данных исследований, в частности, с целью их приведения в соответствие с ГОСТ Р 59968-2021.

Несогласованность перечней радионуклидов АЭС и критериев приемлемости ПЗРО

Как известно, в соответствии с требованиями федеральных норм и правил НП-093 [10], перечень указываемых в паспорте РАО радионуклидов определяется по согласованию с национальным оператором по обращению с РАО (НО РАО). Порядок или процедура согласования не формализованы.

Первые попытки утверждения перечней происходили путем направления документов («справки-обоснования»), содержащих краткую аргументацию их установления. Так, в 2013 году НО РАО был согласован перечень для РАО 5 блока Нововоронежской АЭС, включающий: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , $^{152,154}\text{Eu}$, $^{235,238}\text{U}$, ^{237}Np , $^{238,239}\text{Pu}$, ^{241}Am , $^{243,244}\text{Cm}$. Перечень был обоснован на основе анализа результатов экспериментальных исследований выборки проб РАО, рассмотрения механизмов образования и поступления в РАО радионуклидов. В качестве количественного критерия формирования перечня использовался период полураспада радионуклидов, фактические наблюдаемые значения их удельной активности и соответствующие им предельные значения удельной активности для отнесения отходов к радиоактивным, установленные в [2]. При согласовании НО РАО отметил, что перечень не должен включать радионуклиды с периодом полураспада менее 5 лет.

Аналогично в 2019 году был согласован перечень для твердых РАО Ростовской АЭС с ВВЭР-1000, включающий: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{54}Mn , ^{55}Fe ,

^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{99}Tc , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{125}Sb , ^{129}I , $^{134,137}\text{Cs}$. При этом соответствующей методикой радиационного контроля [11] предусмотрено периодическое подтверждение отсутствия трансурановых и альфа-излучающих радионуклидов путем измерения удельной суммарной альфа-активности.

Позднее АЭС стали согласовывать перечни радионуклидов в составе карт контроля технологического процесса переработки РАО для подтверждения соответствия критериям приемлемости для захоронения.

Параллельно НО РАО выполнялась работа по проектированию ПЗРО. Неотъемлемой компонентой проектной документации являлась оценка безопасности, которая выполнялась с учетом определенных перечней радионуклидов.

В соответствии с п. 116 РБ-141-18 [12] для установления допустимого радионуклидного состава, удельной активности радиоактивного содержимого упаковки РАО, а также разрешенной общей активности упаковки РАО рекомендуется разработать перечень радионуклидов, присутствие которых возможно в отходах, принимаемых на захоронение. При этом их характеристики, в части указанного перечня, рекомендуется определять на основе анализа предварительных данных, полученных от организаций — производителей РАО, от которых предполагается принимать отходы на захоронение в проектируемый ПЗРО.

Как указано в статье [13], для основного объема РАО АЭС при первичной регистрации было указано содержание лишь четырех изотопов (^{54}Mn , ^{60}Co , ^{134}Cs и ^{137}Cs). На рис. 1 приведено распределение

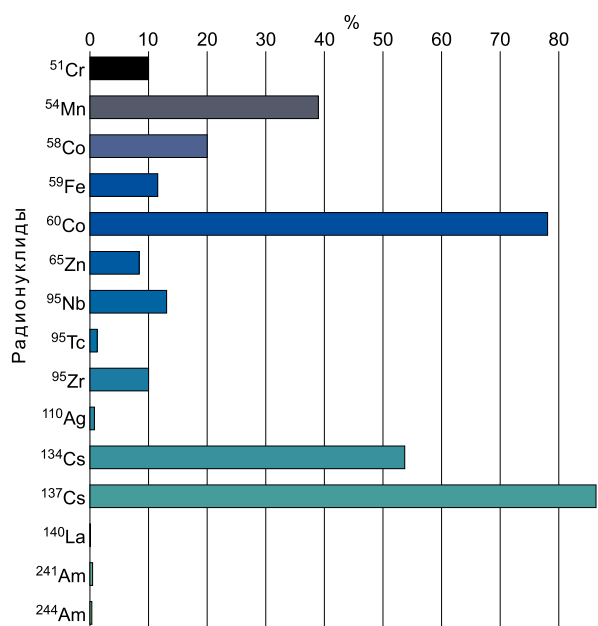


Рис. 1. Распределение радионуклидов по доле РАО АЭС, для которых при первичной регистрации была представлена информация об их содержании [13]

радионуклидов в зависимости от доли РАО АЭС, в которых при первичной регистрации была представлена информация об их содержании [13]. Это объясняется упомянутой выше практикой их характеристики с использованием гамма-спектрометрического метода, с одной стороны, являющегося относительно простым, а с другой — позволяющего получить данные по тем радионуклидам, которые вносят основной вклад во внешнее облучение персонала. В той же статье [13] сделан вывод, что большинство радиологически значимых радионуклидов при контроле РАО АЭС не контролируется (по данным первичной регистрации), а информации по их радионуклидному составу явно недостаточно для полноценного обоснования безопасности их захоронения.

Установленные в критериях приемлемости для ПЗРО РФ перечни радионуклидов ([14]—[17]) приведены в табл. 1.

Таблица 1. Перечни радионуклидов, установленные в документации на ПЗРО Новоуральское, Озерское и Северское

ПЗРО «Новоуральское» [15]	ПЗРО «Озерское» [16]	ПЗРО «Северское» [17]
β-, γ-излучатели (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^3H , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{97}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , ^{54}Mn , ^{97}Tc и др.),	β-излучатели (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^3H , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{97}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , а также: ^{22}Na , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{106}Ru , ^{125}Sb , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{210}Pb),	β-излучатели (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^3H , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{97}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{55}Fe , а также: ^{22}Na , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{106}Ru , ^{125}Sb , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{210}Pb),
α-излучатели,	α-излучатели (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{238}U , ^{235}U , ^{241}Am , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{237}Np и другие изотопы Pu, U и Cm с меньшими периодами полураспада)	α-излучатели (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{238}U , ^{235}U , ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{237}Np и другие изотопы Pu, U и Cm с меньшими периодами полураспада)
трансурановые радионуклиды		

Видно, что критерии приемлемости ПЗРО «Новоуральское» [15] предусматривают наличие в РАО восьми бета-излучающих радионуклидов: ^3H , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{97}Tc , ^{134}Cs , ^{137}Cs , а также альфа-излучателей и трансурановых радионуклидов. Очевидно, что указанный перечень крайне ограничен и не включает все радионуклиды, потенциально присутствующие в РАО АЭС и представляющие интерес с точки зрения обеспечения долговременной безопасности при захоронении РАО.

Для сооружаемого ПЗРО «Озерское» при обосновании безопасности учитывается более широкий перечень радионуклидов [16]:

- бета-, гамма-излучатели, включая: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^3H , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{97}Tc , ^{129}I , ^{14}C ,

^{36}Cl , ^{55}Fe , а также ^{22}Na , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{106}Ru , ^{125}Sb , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{210}Pb ;

- альфа-излучатели (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{238}U , ^{235}U , ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{237}Np и другие изотопы Pu, U и Cm).

Для ПЗРО «Северское» приведен аналогичный перечень. Единственная разница — наличие в нем радионуклида ^{244}Cm , который отсутствует в редакции материалов обоснования лицензии для эксплуатации ПЗРО «Озерское» за 2025 г.

Критерии приемлемости для ПЗРО «Озерское» и «Северское», в отличие от «Новоуральского», включают основные, потенциально присутствующие в РАО АЭС дозообразующие радионуклиды, важные для долговременной безопасности, но не в полном объеме отражают содержание короткоживущих радионуклидов, значимых с точки зрения дозовой нагрузки при обращении с РАО до закрытия ПЗРО. В то же время, в соответствии с п. 119 РБ-141-18 [12], при формировании критериев приемлемости в перечень дозообразующих рекомендуется включать:

- все радионуклиды, оцененный суммарный вклад которых в годовую эффективную дозу облучения работников (персонала) и критических групп населения, обусловленную радиационным воздействием ПЗРО, составляет не менее 99 % при нормальной эксплуатации и ее нарушениях (включая проектные аварии);
- все радионуклиды, для которых после закрытия ПЗРО в течение периода потенциальной опасности РАО их оцененный суммарный вклад в годовую эффективную дозу облучения критических групп населения, обусловленную радиационным воздействием ПЗРО, составляет не менее 99% при нормальном протекании естественных процессов на площадке его размещения и маловероятных внешних воздействиях.

Таким образом, с одной стороны, критерии приемлемости ПЗРО в части перечней радионуклидов в настоящее время не в полной мере учитывают реальный изотопный состав РАО АЭС, с другой стороны — перечни контролируемых в РАО радионуклидов требуют актуализации и приведения в соответствие с ГОСТ Р 59968-2021.

Очевидно, что перечни радионуклидов, которые могут содержаться в РАО, разрешенных для захоронения в конкретном ПЗРО, должны быть гармонизированы с перечнями контролируемых в РАО АЭС, а именно — включать в себя все радионуклиды, которые могут присутствовать в отходах АЭС и других объектов, РАО от которых планируется в нем захоранивать. Представляется целесообразным разработку документа, регламентирующего процесс согласования с НО РАО перечней радионуклидов и механизм учета

реального (в том числе с учетом потенциальных изменений) состава РАО АЭС в проектной документации ПЗРО. Внедрение понятных механизмов позволит обеспечить полноту представляемой в паспортах на РАО информации и минимизировать риск отказа в приеме их на захоронение по радиационному фактору.

В качестве возможного варианта корректировки перечней радионуклидов, которые могут содержаться в кондиционированных РАО, поступающих в конкретный ПЗРО, предлагается рассмотреть его уточнение с включением всех радионуклидов из их расширенного перечня, потенциально присутствующих в РАО АЭС и влияющих на безопасность на всех этапах обращения с ними, приведенного в таблице А.1 ГОСТ Р 59968-2021. Процедурой, установленной ГОСТ Р 59968-2021, указанный перечень определен в качестве стартового при его обосновании и оптимизации для конкретного потока РАО АЭС. Такое уточнение позволило бы учесть все потенциально присутствующие в РАО АЭС радионуклиды и минимизировало бы необходимость их будущей корректировки.

Следует отметить, что в Руководстве по безопасности РБ-004-21 [6] приведен список из 51 радионуклида, рекомендуемый к рассмотрению при формировании перечня контролируемых радионуклидов для предприятий ЯТЦ, отличающийся от ГОСТ Р 59968-2021 (71 радионуклид) включением изотопов свинца, радия, тория, ^{244}Pu и невключением группы радионуклидов, потенциально присутствующих в РАО АЭС и в меньшей степени характерных для отходов предприятий ЯТЦ. Указанный перечень целесообразно также учесть при корректировке перечней радионуклидов, содержащихся в РАО, принимаемых в ПЗРО.

Важно еще отметить, что национальным стандартом ГОСТ Р 59968-2021 предусматривается формирование двух перечней (групп) радионуклидов:

1) радионуклиды, значимые с точки зрения обеспечения долговременной безопасности при захоронении РАО, включаемые в паспорт РАО и учитываемые при определении класса РАО;

2) радионуклиды, значимые с точки зрения обеспечения безопасности до закрытия ПЗРО, включаемые в паспорт РАО и не учитываемые при определении класса РАО.

С учетом постановления Правительства РФ от 29.10.2022 № 1929 [4] такая дифференциация радионуклидов может быть реализована при внесении изменений в НП-093 [10] путем выделения в паспорте РАО перечня короткоживущих радионуклидов, определяющих радиологическую

опасность при обращении до захоронения, и перечня долгоживущих радионуклидов, определяющих класс РАО.

Наличие кондиционированных РАО, паспортизованных, оплаченных (а иногда и переданных на хранение/захоронение) с сокращенными перечнями, не учитывающими долгоживущие сложнодетектируемые радионуклиды

Еще один проблемный вопрос вытекает из двух рассмотренных выше. Несмотря на отсутствие гармонизированных перечней радионуклидов, контролируемых в РАО АЭС и разрешенных к размещению в ПЗРО, процессы переработки и кондиционирования РАО приводили к формированию упаковок, соответствующих общим критериям приемлемости, однако паспортизованных не по полному перечню радионуклидов. Такие упаковки хранятся как на площадках АЭС, так и на объектах НО РАО.

Для решения этого вопроса требуется разработка порядка обоснования и согласования национальным оператором возможности экстраполяции перечня контролируемых радионуклидов и установленных радионуклидных векторов на ранее кондиционированные и переданные РАО.

Заключение

Перечень контролируемых в РАО радионуклидов является важной составляющей обеспечения безопасного обращения с ними и их захоронения. При этом принципиально, чтобы он не только обеспечивал получение необходимого и достаточного объема информации для полноценной характеристики отходов, но и не приводил к избыточному объему радиационного контроля и, следовательно, чрезмерным финансовым затратам.

В области обеспечения радиационного контроля РАО предстоит еще многое сделать. На АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» ведется поэтапная работа по совершенствованию системы контроля радиационных характеристик РАО, формированию обоснованных и оптимальных перечней контролируемых радионуклидов. Важно, чтобы этот процесс шел согласованно с мероприятиями по корректировке критериев приемлемости действующих, сооружаемых и проектируемых ПЗРО, а остающиеся вопросы и задачи разрешались.

С целью гармонизации перечней радионуклидов, контролируемых в РАО АЭС и разрешенных к размещению в ПЗРО, представляется целесообразной реализация следующих мероприятий:

1) актуализация перечней АЭС в соответствии с положениями ГОСТ Р 59968-2021;

2) разработка и ввод в действие документа (например, отраслевых методических указаний), регламентирующего рассмотрение и согласование НО РАО перечней АЭС, и, в частности, определяющего порядок обоснования и утверждения возможности экстраполяции перечня контролируемых радионуклидов и установленных радионуклидных векторов на ранее кондиционированные и переданные отходы;

3) согласование актуализированных перечней контролируемых в РАО АЭС радионуклидов с НО РАО;

4) актуализация перечней радионуклидов, содержащихся в РАО, принимаемых на захоронение, установленных проектной документацией ПЗРО, с учетом перечней АЭС.

Литература

1. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : фед. закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ.

2. 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 : постановление Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069.

3. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 17.05.2021 № 1/7-НПА «Об утверждении сроков промежуточного хранения радиоактивных отходов и объемов таких отходов для организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты».

4. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 : постановление Правительства РФ от 29.10.2022 № 1929.

5. *Иванов Е. А., Шаров Д. А., Курындин А. В.* Актуальные проблемы классификации удаляемых твердых радиоактивных отходов, образующихся при использовании атомной энергии // *Ядерная и радиационная безопасность.* 2018. № 2 (88). С. 11—23.

6. *Шаров Д. А., Коротков А. С., Иванов Е. А., Демьяненко М. В., Курындин А. В., Шановалов А. С.* Стандартизация в области характеристики радиоактивных отходов атомных станций // *Ядерная и радиационная безопасность.* 2023. № 4 (110). С. 25—36.

7. *Иванов Е. А., Коротков А. С., Шаров Д. А., Курындин А. В., Шарафутдинов Р. Б.* Актуальные вопросы внедрения новой системы классификации удаляемых радиоактивных отходов // *Ядерная*

и радиационная безопасность. 2023. №4 (110). С. 47–56.

8. РБ-004-21. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по формированию перечня радионуклидов, контролируемых в кондиционируемых радиоактивных отходах предприятий ядерного топливного цикла. Утв. приказом Ростехнадзора от 07.07.2021 № 251.

9. ГОСТ Р 59968-2021. Радиоактивные отходы атомных станций. Определение радиационных характеристик для передачи на захоронение. Введен в действие с 01.03.2022 приказом Росстандарта от 28.12.2021 № 1866-ст.

10. НП-093-14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения. Утв. приказом Ростехнадзора от 15.12.2014 № 572.

11. МРК 6(1.3)-07-2021. Методика выполнения контроля радионуклидного состава и активности неперерабатываемых твердых радиоактивных отходов Ростовской АЭС. Энергоблоки 1–4. — Москва, АО «ВНИИАЭС», 2021.

12. РБ-141-18. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по разработке критериев приемлемости радиоактивных отходов для захоронения при проектировании пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов. Утв. Приказом Ростехнадзора от 25.05.2018 № 228.

13. Александрова Т. А., Блохин П. А., Самойлов А. А., Курьиндин А. В. Анализ данных по радионуклидному составу РАО в контексте оценки долговременной безопасности их захоронения // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 44–51.

14. Приказ ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» от 11.10.2019 № 319-01/770-П «Об утверждении критериев приемлемости радиоактивных отходов классов 3 и 4 для захоронения в ППЗРО ФГУП «НО РАО».

15. Материалы обоснования лицензии на эксплуатацию пункта хранения радиоактивных отходов (стационарные объекты и сооружения, предназначенные для захоронения радиоактивных отходов) в г. Новоуральске Свердловской области (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду). — Москва, 2020.

16. Материалы обоснования лицензии (включая окончательные материалы оценки воздействия на окружающую среду) на эксплуатацию приповерхностного пункта захоронения твердых радиоактивных отходов 3 и 4 классов (Челябинская область, Озерский городской округ). Том 1. — Москва, 2025.

17. Материалы обоснования лицензии (включая окончательные материалы оценки воздействия на окружающую среду) на эксплуатацию приповерхностного пункта захоронения твердых радиоактивных отходов 3 и 4 классов (Томская область, городской округ — ЗАТО Северск). Том 1. — Москва, 2025.

Информация об авторах

Шаров Дмитрий Александрович, кандидат физико-математических наук, заместитель директора ВНИИАЭС-НТП, директор Отделения РБ, РАО и ОЯТ, вывода из эксплуатации, АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (109507, Москва, Ферганская ул., д. 25), e-mail: DASHarov@vniiaes.ru.

Коротков Алексей Сергеевич, заместитель руководителя департамента радиационной безопасности, экологии и охраны труда — начальник лаборатории радиационного контроля, АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (109507, Москва, Ферганская ул., д. 25), e-mail: ASKorotkov@vniiaes.ru.

Загородних Андрей Анатольевич, заместитель директора Департамента по обращению с радиоактивными отходами, отработавшим ядерным топливом и выводу из эксплуатации АЭС, АО «Концерн Росэнергоатом» (109507, Москва, Ферганская ул., д. 25), e-mail: zagorodnikh-aa@rosenergoatom.ru.

Грибанов Игорь Иванович, главный технолог, Департамент по обращению с радиоактивными отходами, отработавшим ядерным топливом и выводу из эксплуатации АЭС, АО «Концерн Росэнергоатом» (109507, Москва, Ферганская ул., д. 25), e-mail: gribanov-ii@rosenergoatom.ru.

Библиографическое описание статьи

Шаров Д. А., Коротков А. С., Загородних А. А., Грибанов И. И. О формировании перечней контролируемых в РАО атомных станций радионуклидов // Радиоактивные отходы. 2025. № 4(33). С. 44–52. DOI: 10.25283/2587-9707-2025-4-44-52.

ON THE DEVELOPMENT OF LISTS OF RADIONUCLIDES MONITORED IN RW FROM NUCLEAR POWER PLANTS

Sharov D. A.¹, Korotkov A. S.¹, Zagorodnikh A. A.², Griбанov I. I.²

¹JSC "All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation", Moscow, Russia

²JSC Rosenergoatom, Moscow, Russia

Article received on October 4, 2025

This article discusses the issues faced when developing the lists of radionuclides monitored in nuclear power plant RW. It overviews the accumulated experience associated with such list validation and identifies relevant unresolved issues and pressing challenges. It proposes some ways to address these challenges taking into account the mandatory adherence to newly introduced provisions on standardization and harmonization of the lists presenting the radionuclides allowed for disposal in repositories with the lists of radionuclides monitored in nuclear power plant RW.

Keywords: radioactive waste, nuclear power plant, radiation monitoring, list of monitored radionuclides, acceptance criteria for disposal.

References

1. *Ob obrashchenii s radioaktivnymi otkhodami i o vnesenii izmeneniy v ot del'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii* [On Radioactive Waste Management and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation]. Federal Law No. 190-FZ of July 11, 2011.
2. *O kriteriyakh otneseniya tverdykh, zhidkikh i gazoo- braznykh otkhodov k radioaktivnym otkhodam, kriteriyakh otneseniya radioaktivnykh otkhodov k osobym radioaktivnym otkhodam i k udalyayemykh radioaktivnym otkhodam i kriteriyakh klassifikatsii udalyayemykh radioaktivnykh otkhodov* [On Criteria Applied to Categorize Solid, Liquid and Gaseous Waste as Radioactive Waste, Criteria for Radioactive Waste Categorization Either as Special Radioactive Waste or Retrievable Radioactive Waste and Classification Criteria for Retrievable Radioactive Waste]. Government Decree of the Russian Federation of October 19, 2012 № 1069.
3. *Order of the State Corporation Rosatom No. 1/7-NPA of May 17, 2021 "Ob utverzhdenii srokov pro- mezhutochnogo khraneniya radioaktivnykh otkhodov i ob'yemov takikh otkhodov dlya organizatsiy, eksplu- atiruyushchikh osobo radiatsionno opasnyye i yaderno opasnyye proizvodstva i ob'yekty"* [On Approved Interim Storage Periods for Radioactive Waste and the Volumes of Such Waste for Organizations Operating Particularly Radiation and Nuclear Hazardous Productions and Facilities].
4. *O vnesenii izmeneniy v Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2012 g. No. 1069* [On amendments to the Government Decree of the Russian Federation of October 19, 2012 No. 1069]. Government Decree of the Russian Federation of October 29, 2022 No. 1929.
5. Ivanov E. A., Sharov D. A., Kuryndin A. V. Aktual'nyye problemy klassifikatsii udalyayemykh tverdykh radioaktivnykh otkhodov, obrazuyush- chikhsya pri ispol'zovanii atomnoy energii [Actual Problems of Classification of Radioactive Waste Generated During Nuclear Energy Application]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radiation Safety*, 2018, no. 2 (88), pp. 11–23.
6. Sharov D. A., Korotkov A. S., Ivanov E. A., Dem'yanenko M. V., Kuryndin A. V., Shapovalov A. S. Standartizatsiya v oblasti kharakterizatsii radioak- tivnykh otkhodov atomnykh stantsiy [Standardiza- tion in the Field of Characterization of Radioactive Waste Produced by Nuclear Power Plants]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radia- tion Safety*, 2023, no. 4 (110), pp. 25–36.
7. Ivanov E. A., Korotkov A. S., Sharov D. A., Kuryndin A. V., Sharafutdinov R. B. Aktual'nyye voprosy vnedreniya novoy sistemy klassifikatsii udalyayemykh radioaktivnykh otkhodov [Current problems associated with the introduction of a new classifica- tion system for retrievable radioactive waste]. *Yade- rnaya i radiatsionnaya bezopasnost' — Nuclear and Radiation Safety*, 2023, no. 4 (110), pp. 47–56.
8. RB-004-21. *Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoy energii. Rekomendatsii po formirovaniyu perechnya radionuklidov, kontroliruyemykh v konditsioniruyemykh radioaktivnykh otkho- dakh predpriyatiy yadernogo toplivnogo tsikla* [Safety Guide for Atomic Energy Uses. Recommendations on Compiling the Lists of Radionuclides Monitored in Conditioned Radioactive Waste from Nuclear Fuel Cycle Facilities]. Approved by Rostekhnadzor's Order No. 251 of July 7, 2021.
9. GOST R 59968-2021. *Radioaktivnyye otkhody at- omnykh stantsiy. Opredeleniye radiatsionnykh khar- akteristik dlya peredachi na zakhoroneniye* [Radiactive waste produced by nuclear power plants. Radiation characteristics determination for transfer to dispos- al]. Enacted on March 1, 2022, by Rosstandart Order No. 1866-st of December 28, 2021.

10. NP-093-14. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Kriterii priyemlosti radioaktivnykh otkhodov dlya zakhoroneniya* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Radioactive Waste Acceptance Criteria for Disposal]. Approved by Rostekhnadzor's Order No. 572 of December 15, 2014.
11. MRK 6(1.3)-07-2021. *Metodika vypolneniya kontrolya radionuklidnogo sostava i aktivnosti nepererabatyvayemykh tverdykh radioaktivnykh otkhodov Rostovskoy AES. Energobloki 1–4* [Monitoring Methodology for the Radionuclide Composition and Activity of Non-processable Solid Radioactive Waste from Rostov NPP. Power Units 1–4]. Moscow, AO VNIIAES Publ., 2021.
12. RB-141-18. *Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoy energii. Rekomendatsii po razrabotke kriteriyev priyemlosti radioaktivnykh otkhodov dlya zakhoroneniya pri proyektirovanii punktov pripoverkhnostnogo zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov* [Safety Guide for Atomic Energy Uses. Recommendations for the Development of Radioactive Waste Acceptance Criteria for Disposal During the Development of Near-Surface Radioactive Waste Repository Designs]. Approved by Order of Rostekhnadzor of May 25, 2018 No. 228.
13. Aleksandrova T. A., Blokhin P. A., Samoylov A. A., Kuryndin A. V. *Analiz dannykh po radionuklidnomu sostavu RAO v kontekste otsenki dolgovremennoy bezopasnosti ikh zakhoroneniya* [Analysis of the RW Radionuclide Composition in the Context of Long-Term Safety of Its Disposal]. *Radioaktivnyye otkhody – Radioactive Waste*, 2018, no. 2 (3), pp. 44–51.
14. Order of the Federal State Unitary Enterprise National Operator for Radioactive Waste Management of October 11, 2019, No. 319-01/770-P *Ob utverzhdenii kriteriyev priyemlosti radioaktivnykh otkhodov klassov 3 i 4 dlya zakhoroneniya v PPZRO FGUP “NO RAO”* [On Approved Acceptance Criteria for Class 3 and 4 Radioactive Waste Disposal in the FSUE NO RAO's Radioactive Waste Disposal Facility].
15. *Materialy obosnovaniya litsenzii na ekspluatatsiyu punkta khraneniya radioaktivnykh otkhodov (stacionarnyye ob'yekty i sooruzheniya, prednaznachenyye dlya zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov) v g. Novoural'ske Sverdlovskoy oblasti (vklyuchaya materialy otsenki vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu)* [Materials Supporting the License Application for the Operation of a Radioactive Waste Storage Facility (Stationary Facilities and Structures Designed for Radioactive Waste Disposal) in Novouralsk, Sverdlovsk Region (Including the Environmental Impact Assessment Materials)]. Moscow, 2020.
16. *Materialy obosnovaniya litsenzii (vklyuchaya okonchatel'nyye materialy otsenki vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu) na ekspluatatsiyu pripoverkhnostnogo punkta zakhoroneniya tverdykh radioaktivnykh otkhodov 3 i 4 klassov (Chelyabinskaya oblast', Ozerskiy gorodskoy okrug)* [Materials Supporting the License Application (Including the Final Environmental Impact Assessment Materials) for the Operation of a Near-Surface Disposal Facility for Solid Radioactive Waste Class 3 and 4 (Chelyabinsk Region, Ozersky Urban District)]. Volume 1. Moscow, 2025.
17. *Materialy obosnovaniya litsenzii (vklyuchaya okonchatel'nyye materialy otsenki vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu) na ekspluatatsiyu pripoverkhnostnogo punkta zakhoroneniya tverdykh radioaktivnykh otkhodov 3 i 4 klassov (Tomskaya oblast', gorodskoy okrug – ZATO Seversk)* [Materials supporting the license application (including the final environmental impact assessment materials) for the operation of a near-surface disposal facility for solid radioactive waste Class 3 and 4 (Tomsk Oblast, Seversk urban district – restricted administrative-territorial entity)]. Volume 1. Moscow, 2025.

Information about the authors

Sharov Dmitrii Alexandrovich, Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Deputy Director of VNIIAES-NTP, Director of Radiation Safety, Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel and Decommissioning Department, JSC “All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation” (25, Ferganskaya st., Moscow, 109507, Russia), e-mail: DASHarov@vniiaes.ru.

Korotkov Aleksei Sergeevich, Deputy Head of the Department of Radiation, Environmental and Occupational Safety, Head of the Radiation Control Laboratory, JSC “All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation” (25, Ferganskaya st., Moscow, 109507, Russia), e-mail: ASKorotkov@vniiaes.ru.

Zagorodnikh Andrey Anatolyevich, Deputy Director of the Department for Management of Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Decommissioning of NPP, JSC Rosenergoatom (25, Ferganskaya st., Moscow, 109507, Russia), e-mail: zagorodnikh-aa@rosenergoatom.ru.

Gribanov Igor Ivanovich, Chief Technologist, Department for Management of Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Decommissioning of NPP, JSC Rosenergoatom (25, Ferganskaya st., Moscow, 109507, Russia), e-mail: gribanov-ii@rosenergoatom.ru.

Bibliographic description

Sharov D. A., Korotkov A. S., Zagorodnikh A. A., Gribanov I. I. On the Development of Lists of Radionuclides Monitored in RW from Nuclear Power Plants. *Radioactive Waste*, 2025, no. 4 (33), pp. 44–52. DOI: 10.25283/2587-9707-2025-4-44-52. (In Russian).