



РАДОН
РОСАТОМ

ТЕЗИСЫ

СЕДЬМОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 65-ЛЕТИЮ ФГУП «РАДОН»
И 80-ЛЕТИЮ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ
ОТХОДАМИ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ
ЦЕНТРОВ**



Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров: Сборник тезисов Седьмой научно-практической конференции, 17-18 сентября 2025 г. /
Под общей редакцией проф. Е.А. Ваниной;
2025 — 45 с: ил. 4, табл. 4.

В сборнике тезисов представлены основные результаты седьмой научно-практической конференции ФГУП «РАДОН» в области разработки и совершенствования способов переработки твердых и жидких радиоактивных отходов, реабилитации территорий, хранения радиоактивных отходов, обеспечения безопасности хранилищ радиоактивных отходов, радиологического мониторинга и контроля, вывода из эксплуатации. Сборник предназначен для специалистов в области обращения с радиоактивными отходами и охраны окружающей среды.

Содержание

1. Башаричев А.В., Окунев И.С., Сиротюк В.Я., Голиков В.А. Кавитационная очистка поверхностей.	5
2. Градобоева А.В. От рекомендаций к результатам на различных этапах жизненного цикла отделений ФГУП «РАДОН».	6
3. Казаков И.Л., Григорьев А.В., Михеева О.А. Опыт разработки регламентных документов для удаления РАО со сложных радиационно-опасных объектов, имеющих конструктивные повреждения и неисправные инженерно-технические средства, при подготовке их к выводу из эксплуатации, на примере здания № 5 отделения «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «РАДОН».	8
4. Гупало-Осадчая К.В., Панченко С.В. Опыт изучения последствий аварии на ЧАЭС в сельском населенном пункте в части оценок доз внешнего облучения на примере с. Новые Бобовичи Новозыбковского района Брянской области. ..	11
5. Елисеев К.В., Замалтдинова А.Р., Дмитриева О.С., Васюнина Е.В., Абрамов С.В., Серебряков В.В., Погляд С.С. Экспериментальная проверка применимости различных сред для растворения ткани Петрянова. ..	13
6. Замалтдинова А.Р., Болдаков В.А., Копанева К.О., Дмитриева О.С., Абрамов С.В., Серебряков В.В., Погляд С.С. Компактирование ТРО методом плавления при умеренных температурах.	15
7. Криворотова В.В., Камаева Т.С. О метрологическом надзоре на предприятии.	17
8. Лашенцова Т.Н. Организация комплексной экологической защиты территории в районе расположения радиационно опасных объектов.	22
9. Линецкий Е.С. Разработка и внедрение технологии модификации грунтов приконтурных зон хранилищ приповерхностного типа.	25
10. Муратов О.Э. Радиоэкологические аспекты ликвидации объектов ядерного наследия.	27
11. Романова О.В., Безднякова Е.А., Томилин С.В., Погляд С.С. Иммобилизация конструкционных материалов в плавленную керамику со структурой муратаита.	29
12. Романова О.В., Капралов Д.А., Васюнина Е.В., Лизин А.А. Иммобилизация фторидных остатков регенерации топливных солей в алюмофосфатные стекла.	31
13. Светличный Ю.А., Гордеев С.К., Лашенцова Т.Н. Характеристики радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха г. Москвы.	33
14. Герасименко А.С., Черных С.В., Черняго Б.П. Оказание услуг филиалом «СТО» ФГУП «Радон» при подготовке к выводу из эксплуатации объектов АО «АЭХ».	35
15. Черняго Б.П. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами на Иркутской площадке Филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РАДОН».	37
16. Шаталина Я.И., Погляд С.С., Дмитриева О.С., Кочерга А.С., Шишлов М.А. Кондиционирование хлоридсодержащих жидких радиоактивных отходов для приведения их в соответствие критериям приемлемости НП-093-14.	39
17. Иванов О.П., Королев А.В., Лемус А.В., Семенов С.Г., Чесноков А.В., Шиша А.Д. Научно-технические проблемы вывода из эксплуатации исследовательских реакторов и пути их решения.	41
18. Яхрюшин В.Н., Полянская О.Н., Епифанов А.О., Андреев Ф.А. Определение времени поступления техногенных радионуклидов в приземный слой атмосферы на базе блока детектирования БДКГ-211М и УФФ-2.	43

КАВИТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Башаричев А.В.¹, Окунев И.С.¹, Сиротюк В.Я.¹, Голиков В.А.²

¹ Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ), г. Гатчина, Ленинградской обл., Россия

e-mail: nckb@pnpi.nrcki.ru

² ООО «Топливная Экологическая Компания» (ООО «ТЭК») г.Санкт-Петербург

e-mail: tek68@list.ru

Аннотация: В докладе освещены вопросы возможностей использования явления кавитации в водных растворах как способа очистки поверхностей от радиоактивного загрязнения. Кратко рассмотрены способы и промышленная техника создания кавитации (ультразвуковой, гидродинамической, электро- гидроударной). Приведены примеры очистки от радиационных (радиобарита) и других отложений на поверхностях с использованием электро-гидроударных кавитационных генераторов и обоснованием эффективности применения этого способа.

Ключевые слова: Радиоактивные загрязнения поверхностей, утилизация, зона кавитации, электродинамический удар, ударная волна, микровзрыв, разрушение отложений.

С развитием атомной энергетики остро стоит вопрос об эффективных методах дезактивации оборудования ОИАЭ, подлежащего выводу из эксплуатации или замене с возможностью его переработки и вторичного использования переработанного материала в народном хозяйстве.

Современные технологий дезактивации позволяют эффективно удалять радиоактивные загрязнения и снижать объем образующихся жидких радиоактивных отходов. Для дезактивации используются различные методы, включая химическую, механическую, физическую и лазерную обработку. Выбор метода зависит от типа загрязнения, материала поверхности и доступных технологий, позволяющих повторно использовать очищенное от радиоактивных загрязнений оборудование.

Кавитация — это явление образования и последующего схлопывания пузырьков пара или газа в жидкости под воздействием внешних факторов, таких как изменение давления, ультразвук или механическое напряжение. Это может происходить в разных сферах, например, в гидродинамических машинах, в медицинской практике (УЗ-кавитация) или даже в живых организмах. Схлопывание протекает со сверхзвуковой скоростью, порождая ударную волну. Локальная температура в области распада в среднем достигает 4000 – 7000 ОС при давлении 40-100 МПа. Получается микровзрыв, с легкостью разрушающий любые обрастания и отложения на поверхности, находящиеся в зоне кавитации.

Кавитационные технологии широко и успешно применяются для очистки технологического оборудования во многих областях промышленности, в частности, в энергетике.

Однако применение этих технологий в области переработки РАО и ЖРО до сих пор ограничено в силу специфики радиоактивного загрязнения, утилизации, вторичной обработки и хранения снимаемого радиоактивного загрязнения. Механическое перенесение обычных промышленных методов на РАО и ЖРО невозможно. Требуется изменение и вариации схем получения кавитационного процесса (ультразвуковой, гидродинамической или электро- гидроудара), сбора снимаемого загрязнения в зависимости от задачи.

В докладе приведены предварительные положительные результаты совместной работы НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ и НПО Спецматериалы с использованием электроразрядных генераторов в процессе проведения НИОКР по возможности использования кавитационного явления по очистке оборудования от радиоактивного загрязнения на объектах использования атомной энергии.

Список литературы

1. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. М.: Мир, 1974. 678 с.2. Топливная экологическая компания. Есть такая партия, есть такая технология! // Газета «Общество и Экология». – 2022. – № 3. – С. 237.
2. Федоткин И. М., Гулый И. С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчёты и конструкции кавитационных аппаратов). Ч.1. — К.: Полиграфкнига, 1997. — 940 с.
3. Юткин Л.А. Электродинамический эффект. МАШГИЗ Год: 1955.



ОТ РЕКОМЕНДАЦИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОТДЕЛЕНИЙ ФГУП «РАДОН»

Градобоева А.В.

ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Москва

e-mail: grad@msnr.ru

Аннотация: В докладе представлены рекомендации для ФГУП «РАДОН». Основное внимание уделено роли выполнения рекомендаций для снижения влияния предприятий на окружающую среду.

Ключевые слова: объектный мониторинг состояния недр (ОМСН), рекомендация, наблюдательная сеть, скважина.

ФГБУ «Гидроспецгеология» является организацией выполняющей методологическое сопровождение ОМСН в ГК «Росатом», в том числе на отделениях и филиалах ФГУП «РАДОН».

Содержание мониторинга делится на несколько этапов:

- оценка условий (в каких литолого-геологических и гидрогеологических условиях находится объект);
- прогноз (что возможно будет происходить при определенных условиях функционирования этого объекта);
- управление (наши рекомендации);
- верификация (какие последствия произошли после рекомендаций).

Одним из основных результатов работ ФГБУ «Гидроспецгеология» по развитию и поддержке объектного мониторинга состояния недр в организациях ГК «Росатом» является разработка рекомендаций по совершенствованию систем наблюдения и снижению влияния деятельности организаций на состояние недр. Рекомендации основаны на результатах оценки состояния систем наблюдения предприятий, анализа данных мониторинга и контрольных опробований, оценок актуального состояния недр.

Актуальные рекомендации за последние годы [1]:

1. Развитие и оптимизация сети ОМСН. Бурение отдельных скважин или кустов скважин; проекты по оптимизации системы ОМСН; ликвидация скважин.

2. Обеспечение рабочего состояния наблюдательных скважин. Восстановление рабочего состояния скважин – их техническое обслуживание, прочистка ствола скважин, углубление скважин и восстановление доступа к скважине.

3. Геодезическая планово-высотная привязка пунктов наблюдательной сети. Планово-высотные координаты устьев скважин необходимы для правильной интерпретации результатов измерений уровней подземных вод, определения характера их гидродинамического режима и установления структуры фильтрационного потока.

4. Восстановление паспортов наблюдательных скважин. В частности с применением видеокаротажа.

5. Оптимизация состава определяемых компонентов. На начальных стадиях ведения ОМСН может не учитываться присутствие какого-либо загрязняющего компонента, поэтому для выявления новых загрязняющих компонентов необходимо один раз в 3 – 5 лет проводить контрольное обследование с полным химическим анализом во всех скважинах.

6. Оптимизация частоты измерений и отбора проб. Примером рекомендации такого типа является предложение при стабилизации ореола загрязнения в течении нескольких лет, сократить частоту отбора проб с ежеквартального до раза в год.

7. Соблюдение методики отбора проб. Основными требованиями к отбору проб воды из скважин являются: проведение предварительной откачки в объёме 2 – 3 столбов воды; единовременный отбор проб воды из скважин в районе одного источника загрязнения в течение одного-двух дней.

8. Соблюдение форм отчетности. Согласно Приказу от 2022 года об утверждении Единых отраслевых методических указаний (ЕОМУ) по оформлению и предоставлению отчетной документации при ведении объектного мониторинга состояния недр в организациях Госкорпорации «Росатом» Гидроспецгеологией были усовершенствованы формы.

Для объектов ФГУП «РАДОН» за период с 2010 по 2024 годы Управлением ОМСН ФГБУ «Гидроспецгеология» созданы 8 геофильтрационных и геомиграционных моделей, с помощью которых выполнены эвристические и прогнозные расчёты миграции радионуклидов и вредных химических веществ в подземных водах от действующих объектов использования атомной энергии.

Накопленный большой объем информации, регулярно пополняемый, и результаты геомиграционного моделирования позволяют обоснованно рекомендовать конкретные виды работ по совершенствованию систем наблюдений, методики ведения ОМСН, оказывать организациям практическую помощь в этом виде деятельности.

Выполнение рекомендаций важно для повышения достоверности данных мониторинга в процессе оценки степени влияния предприятия на состояние недр.

Предлагаем обращать больше внимания на выполнение рекомендаций, что по нашему мнению приведет к положительным результатам.

К настоящему времени актуализированы и согласованы с ФГБУ «Гидроспецгеология» новые Программы ОМСН во всех отделениях ФГУП «РАДОН». Проведена частичная оптимизация наблюдательной сети в соответствии с Проектом «Создание системы ОМСН на территории НПК - СПФ ФГУП «РАДОН». В Кирово-Чепецком отделении также запланировано бурение новых скважин и восстановление старых.

Выполнение выданных рекомендаций - путь к получению достоверных данных и правильной оценке влияния ОИАЭ на состояние подземных вод.

Список литературы

1. Гуминская А.А., Грабовников Л.В. и др. Отчет о выполнении работ «Развитие и поддержка объектного мониторинга состояния недр в организациях Госкорпорации «Росатом». ФГБУ «Гидроспецгеология», Москва, 2024 г.



ОПЫТ РАЗРАБОТКИ РЕГЛАМЕНТНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РАО СО СЛОЖНЫХ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИМЕЮЩИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И НЕИСПРАВНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИХ К ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ, НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ № 5 ОТДЕЛЕНИЯ ГУБА АНДРЕЕВА СЗЦ «СЕВРАО» - ФИЛИАЛА ФГУП «РАДОН»

Казаков И.Л., Григорьев А.В., Михеева О.А.

Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала (АО «НИКИЭТ»), г. Москва, Россия

e-mail: nikiet@nikiet.ru

Аннотация: В докладе приведен анализ принятия решений для выбора оптимальных способов ликвидации последствий радиационной аварии для сложных объектов, используемых в целях обеспечения эксплуатации атомных подводных лодок Советского Союза.

Ключевые слова: радиационно-опасный объект (РОО), вывод из эксплуатации (ВЭ), атомная подводная лодка (АПЛ), надводный корабль (НК), технологические операции, радиационная обстановка, технологическая документация, иловые отложения, ядерное наследие.

В конце 20-го столетия сложилась сложная обстановка с состоянием ЯЭУ атомных подводных лодок и объектов обеспечения этой эксплуатации. Одна из проблем – большое количество АПЛ и НК с ЯЭУ, выведенных из эксплуатации и требующих утилизации. Другая – наличие в хранилищах объектов берегового обеспечения ОЯТ и РАО, содержание которых не соответствовало нормативным требованиям.

Постановлением № 518 от 29.05.1998 г. Правительство РФ назначило Минатом России (ныне Росатом) координатором работ и государственным заказчиком по направлению утилизации АПЛ и реабилитации ЯРОО, принадлежащих ВМФ. Этим же Постановлением Правительство РФ определило АО НИКИЭТ (ранее ФГУП НИКИЭТ) головным исполнителем в части работ по ядерной и радиационной безопасности, экологической реабилитации радиационно-опасных объектов ВМФ. Для этого потребовалось объединить усилия организаций СЗР и ДВР, ГИ ВНИПИЭТ; ГНЦ РФ ФЭИ; ОКБ «Гидропресс»; ОКБМ; НИПТБ «Онега»; ГРЦАС; ЦКБМТ «Рубин», СПМБМ «Малахит», 23 ГМПИ; НИЦ «Курчатовский институт»; АО ДВЗ «Звезда»; АО «Звездочка», ФМБА, ГТУ ВМФ, ОСК, УГН ЯРБ МО РФ и другие.

Основная задача, определенная Распоряжением правительства 09.02.2000 г № 200-р: обращение с ОЯТ и РАО, накопленными в процессе деятельности ВМФ и образующимися при утилизации АПЛ и НК с ЯЭУ, а также работ по экологической реабилитации радиационно опасных объектов. Объекты, указанные в Распоряжении, были приняты от ВМФ со следующими особенностями: небольшая территория расположения объектов обращения с ОЯТ и РАО; близость к водной акватории; сложность гидрогеологической системы; недостатки технологических решений для обращения с отходами; ошибки проектирования и строительства специальных объектов.

Особое место среди береговых объектов, принятых от ВМФ, занимает здание № 5 в губе Андреева. Зданию присущи определенные особенности: радиационная авария 1982 года, последствия которой не устранены до настоящего времени; инженерные и специальные системы обеспечения в здании неисправны; сложная радиационная обстановка в настоящее время; недостатки технологических решений для обращения с отходами; ошибки проектирования и строительства; наличие остатков дефектных ОТВС в бассейнах хранения. Поэтому для ликвидации здания была разработана Концепция вывода из эксплуатации, предусматривающая удаление РАО из

внутренних помещений здания, проведение КИРО и после этого – разработку проекта вывода из эксплуатации.

Для принятия решения по дальнейшим практическим шагам для вывода здания из эксплуатации требуется инженерное обследование, однако выполнить его невозможно из-за высоких дозовых нагрузок и отказа строительных организаций делать инженерные обследования.

Удаление РАО необходимо для улучшения радиационной обстановки внутри здания № 5 и создания условий для проведения дальнейших мероприятий, предусмотренных Концепцией ВЭ из эксплуатации. Кроме того, после доставки ТРО в пункты приема будет создана возможность подготовки и отправки за пределы губы Андреева и Северо-Западного региона.

Особенности работ при обращении с РАО в здании № 5: в здании нет инженерного обеспечения, РАО имеет различный морфологический состав, помещения и участки выполнения работ расположены на различных высотах до 10 метров. Достаточно высокие уровни радиации требуют дистанционного управления техникой, предназначенной для сбора РАО, а также специальных оценок очередности выполнения работ в помещениях.

Оценка радиационной обстановки в помещениях показала, что наибольшее влияние оказывают бассейны хранения (до 209 мЗв/ч), а 10 м³ иловых отложений в бассейнах вносят наибольший вклад [1]. Поэтому основной целью является удаление иловых отложений из бассейнов. До этого немаловажное значение имеет удаление установок очистки ЖРО в технологическом зале.

Оценки дозовых затрат показали, что в существующей обстановке можно работать внутри зала не более 40 часов в год. Сочетание сложности, специфических особенностей и высоких радиационных нагрузок объективно требует тщательного проектирования работ с использованием предложенного оборудования в режиме дистанционного управления. Отработка технологии должна проводиться в условиях отсутствия факторов радиационного излучения.

В соответствии с государственным контрактом 2023 года АО «НИКИЭТ» начало разрабатывать документацию для удаления РАО из здания № 5. Исходными документами приняты Концепция 2022 года по выводу из эксплуатации здания № 5 и Отчет по радиационному обследованию [1]. Разработаны:

- транспортно-технологическая схема по обращению и удалению иловых отложений и ТРО (предметов) из бассейнов выдержки, а также крупногабаритных ТРО (бетонные плиты) здания № 5, в отделении «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «РАДОН» № 111.6074;

- технологический регламент на выполнение работ по обращению и удалению иловых отложений и ТРО (предметов) из бассейнов выдержки, а также крупногабаритных ТРО (бетонные плиты) здания № 5, в отделении «Губа Андреева» СЗЦ «СевРАО» - филиала ФГУП «РАДОН» № 111.6081;

- отчёт «Техническое обоснование безопасности выполнения работ по обращению и удалению иловых отложений и ТРО (предметов) из бассейнов выдержки, а также крупногабаритных ТРО (бетонные плиты) здания № 5» № 111.6089.

Возможная последовательность удаления РАО:

1. Удаление оборудования для ОЯТ и установка оборудования для работ с РАО.
2. Демонтаж установки очистки ЖРО правой (снижение P_{γ} на 6,2 мЗв/ч).
3. Установка консольного крана ГП 5 тс между ТК и ТЗ.
4. Очистка правого малого бассейна (снижение P_{γ} на 0,58 мЗв/ч).
5. Очистка левого малого бассейна (снижение P_{γ} на 6,0 мЗв/ч).
6. Установка рельсового пути и тележки с краном в ТК.
7. Удаление бетонных блоков, чехлов, мусора в технологическом зале (снижение P_{γ} на 2 мЗв/ч).
8. Очистка левого большого бассейна (снижение P_{γ} на 18 мЗв/ч).
9. Очистка правого большого бассейна (снижение P_{γ} на 209 мЗв/ч).
10. Демонтаж установки очистки ЖРО левой (снижение P_{γ} на 3,9 мЗв/ч).
11. Удаление РАО из колодца и помещения хранилища цепей (снижение P_{γ} на 2,5 мЗв/ч).
12. Удаление ТРО из помещений ПРК.
13. Очистка от РАО транспортного коридора.

Регламентом работ с РАО предусматривается использование механизмов, на которые возможно установка оборудования для дистанционного управления. По этому оборудованию имеется опыт использования в дистанционном режиме на здании № 5 (выгрузка шести ОТВС) и на других объектах. При подборе оборудования учитывались возможности его использования в затесненных условиях.

В технологическом регламенте предусмотрено семь типовых участков, на которых будут выполняться различные работы по подготовке и удалению РАО. Для каждого из участков разработан регламент с описанием выполняемых операций.

После формирования упаковок для вывоза РАО за пределы здания контейнеры направляются в одно из

сооружений технической территории губы Андреева: здание 201, здание 202, здание 205. Направление доставки зависит в основном от типа упаковки: НЗК – в здание № 205, крупногабаритные конструкции РАО в ТЗК и поддонах – в здание № 202, контейнеры тип 4 или тип 5 – в здание № 201. Таким образом, все РАО будут перемещены из здания № 5.

Для подготовки и выполнения работы подготовлен и представлен график продолжительностью работ около 2,5 лет. Предусмотрено три этапа выполнения работ: 1 этап – проектирование и опытно-конструкторские работы (с испытаниями на стендах); 2 этап – разработка РКД; 3 этап – работы по выгрузке РАО.

Предварительная оценка дозозатрат имеет значение около 400 мЗв (без учета дистанционной работы технических средств). Более точные значения можно получить после выполнения проектных работ и натуральных испытаний.

Предложенная технология является приемлемой и оптимальной с точки зрения исключения планирования всего комплекса работ. При проектировании производственных процессов достаточно сведений о технических характеристиках предложенного оборудования. Предложен оптимальный способ выполнения работ (первоначальное удаление наиболее радиоактивных отходов). Несущие конструкции здания обеспечат применение технических средств [2].

Для исключения появления аномальных отклонений в иловых отложениях бассейнов хранения ОТВС предложено дополнительное радиационное обследование участков с РАО перед началом работ по методике АО «НИКИЭТ» 2021 года.

Прогноз возможного радиационного облучения участников выполнения работ позволяет руководителям назначать приемлемые дозовые нагрузки, исключая превышения существующих норм.

По результатам оценок безопасности предложенного технологического регламента можно сделать вывод, что работы соответствуют нормативным документам. При рассмотрении запроектных аварий ожидаемая доза составит менее 100 мкЗв/год. Регламент позволяет своевременно обнаруживать нарушения и принимать меры по их локализации и ликвидации.

Документы, разработанные АО «НИКИЭТ» по заказу Госкорпорации «Росатом» для обеспечения выгрузки РАО из здания № 5 в губе Андреева, – это новый шаг вперед по пути ликвидации исторического ядерного наследия. Реализация этих документов снизит радиационную нагрузку на территории Северо-Западного региона и позволит перейти к окончательной ликвидации одного из наиболее опасных объектов Кольского полуострова.

Опыт работ в губе Андреева приемлем для аналогичных сложных объектов:

- здание № 5 в бухте Сысоева, в котором в 1985 произошла подобная радиационная авария. ОЯТ выгружено, здание закрыто и ждет своей очереди в работах по выводу из эксплуатации;

- здание № 1 в пункте Гремиха, у которого течь бассейна произошла в 1988 году. ОЯТ из бассейна удалено. Дальнейшие работы по выводу не ведутся.

Список литературы

1. АО «НИКИЭТ». Отчёт «Результаты радиационного обследования здания № 5 отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО» - филиал ФГУП «ФЭО» № 555-От-4744, Москва, 2022.
2. АО «НИКИЭТ». Отчёт «Расчёт элемента конструкции перекрытия бассейна выдержки здания № 5 в губе Андреева» № 111.4354 РР, Москва, 2013.

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ В ЧАСТИ ОЦЕНОК ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ С. НОВЫЕ БОБОВИЧИ НОВОЗЫБКОВСКОГО РАЙОНА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Гупало-Осадчая К.В., Панченко С.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), г. Москва, Россия

e-mail: gupalo.kv@ibrae.ac.ru

Аннотация:

В докладе представлены итоги многолетних подворных обследований села Новые Бобовичи в части оценок доз внешнего облучения, основанные на анализе данных подворных обследований и записей из домовых книг. Основу этих исследований составили измеренные в период 1986-2022 гг. параметры радиационной обстановки [1], а также различные сведения о жителях села, полученные на основании записей в домовых книгах. Миграция ^{137}Cs в населенном пункте, радиоактивно загрязненном после аварии на Чернобыльской АЭС, может быть описана двумя компонентами: в первые 15 лет с периодом полураспада 7,5 года, а в последующие годы с периодом радиоактивного распада – 30 лет. Для селитебных радиоактивно загрязненных территорий на уровне 1 МБк/м² по ^{137}Cs консервативные оценки дозовых нагрузок на различные группы населения показывают, что максимальные дозы внешнего облучения за первые 35 лет после аварии не превышали 100 мЗв.

Ключевые слова:

чернобыльские выпадения, подворные обследования, доза внешнего облучения, демография, производство сельхозпродукции.

Расчет средних доз облучения для различных групп населения

К измеряемым параметрам относятся мощности доз на представительных участках территории села: невозмущенная поверхность, травяной покров от дороги до участка, скамейка у ворот (дома), грунт на улице и во дворах, асфальт, огород, сад, деревянный и кирпичный дома.

Наибольшие значения отмечались над участками ненарушенной поверхности почвы, которых осталось совсем немного. Наименьшие фактически фоновые значения мощности дозы регистрировались в центре асфальтовых дорог. В этом же дозовом диапазоне были результаты измерений в домах как кирпичных, так и деревянных.

Выполненный анализ данных из домовых книг с. Новые Бобовичи, а также возможность использовать известные зависимости значений дозовых коэффициентов от возраста жителей [2] позволили выделить 6 основных групп населения. Классификация жителей по группам осуществлялась на основе их возраста на момент аварии в 1986 году и образа жизни. В дальнейшем они оставались в закрепленных за ними группах, однако расчет дозы облучения для каждого индивидуально изменялся с учетом возрастных изменений.

Группа № 1 – к ней были отнесены дети дошкольного возраста до 7 лет.

Группа № 2 – дети школьного возраста, в возрасте от 7 до 17 лет.

Группа № 3 – люди старше 17 лет, постоянно работающие на улице: пастухи, трактористы, полеводы и др.

Группа № 4 – люди старше 17 лет, которые работают на улице не постоянно, а перемененно.

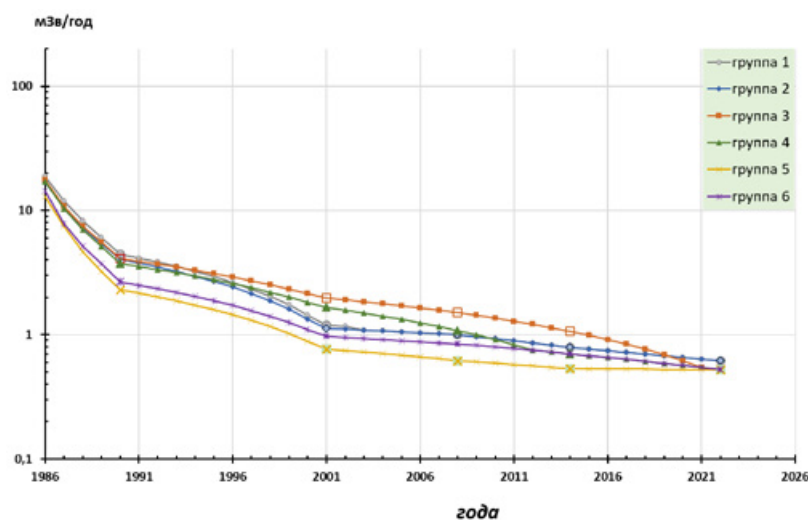
Группа № 5 – люди старше 17 лет, их образ жизни можно назвать «работа-дом», поскольку 9 часов они тратят на работу в помещении, 2 часа на дорогу (включая посещения магазинов и др. заведений), а остальное время занимают домашние дела.

Группа № 6 – пенсионеры, имеющие также не характерный для других групп образ жизни. Было принято, что до 9 часов представители группы проводят на свежем воздухе, занимаясь работами в огороде, общаясь с другими пенсионерами, а оставшееся время проводят дома.

Интеграл дозы за период 1986-2022 гг. оценивался с учетом того, что для лиц, отнесенных к группе 1, методика

расчета была адаптирована при достижении критического возраста, соответствующего группе 2, а впоследствии – 4 группе. Аналогично, для членов группы 2 был применен пересмотренный подход к расчету, идентичный расчету 4 группы. Для работающего на момент аварии населения (группы 3, 4, 5) переход к пенсионному возрасту привел к изменению методики расчета на аналогичную той, которая применялась к группе 6. Результаты расчетов проводили для каждого жителя отдельно с учетом его возраста на момент аварии. Такой подход дает численные ориентиры возможных доз внешнего облучения для жителей, относящихся к разным возрастным и социальным группам. Следует отметить определенную консервативность подхода, поскольку практически все жители села в исследуемый период отлучались с рассматриваемой территории на различные промежутки времени. В принципе такой учет частично возможен, поскольку есть записи в домовых книгах, где фиксировали наиболее значимые периоды выезда (служба в рядах СА или ВС РФ, учеба, работа вне села и др.). Однако такая работа была бы уместна при наличии данных медицинских наблюдений за индивидуальным здоровьем сельчан.

Результаты расчетов проводили для каждого жителя отдельно с учетом его возраста на момент аварии. Такой подход дает численные ориентиры возможных доз внешнего облучения для жителей, относящихся к разным возрастным и социальным группам. Результаты оценки дозы внешнего облучения для различных групп населения Новых Бобовичей представлены на рисунке и в таблице.



Реконструкция дозы внешнего облучения, обусловленного ^{137}Cs для 6 референтных групп населения села Новые Бобовичи за период 1986-2022 гг.

Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
97	89	103	91	59	68

Таблица. Накопленная доза дополнительного внешнего облучения для различных групп населения с. Новые Бобовичи за период 1986-2022 гг., мЗв

Следует отметить определенную консервативность подхода, поскольку практически все жители села в исследуемый период отлучались с рассматриваемой территории на различные промежутки времени. В принципе такой учет частично возможен, поскольку есть записи в домовых книгах, где фиксировали наиболее значимые периоды выезда (служба в рядах СА или ВС РФ, учеба, работа вне села и др.), а также характер выполняемой работы в периоды трудовой активности. Однако такая работа была бы уместна при наличии данных медицинских наблюдений за индивидуальным здоровьем сельчан.

Выполненные оценки показывают, что различия по полученной дозе внешнего облучения различных групп населения села не превышают двух раз. Дальнейшее увеличение суммарной дозы внешнего облучения с учетом демографических факторов будет весьма незначительным.

Список литературы

1. Панченко С.В. Динамика параметров радиационной обстановки в сельском населенном пункте, загрязненном цезием-137 в результате аварии на черновильской атомной электростанции в апреле 1986 года // С.В. Панченко, А.А. Аракелян, Е.А. Гаврилина, А.М. Шведов. Медицинская радиология и радиационная безопасность т.61 № 4, 2016, с. 5-18.
2. EPA-402-R-19-002. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. Federal guidance report № 15. – Office of Radiation and Indoor Air U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460 - 2019.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ ТКАНИ ПЕТРЯНОВА

Елисеев К.В., Замалтдинова А.Р., Дмитриева О.С., Васюнина Е.В., Абрамов С.В., Серебряков В.В., Погляд С.С.

Государственный научный центр — Научно-исследовательский институт атомных реакторов (ГНЦ НИИАР), г. Димитровград, Россия.

e-mail: osdmitrieva@niiar.ru

Аннотация: В докладе представлены результаты сравнительных испытаний применения различных химических сред для деструкции фильтрующего материала отработавших аэрозольных фильтров радиационно-защитного оборудования и выделения из него аспирированных радиоактивных материалов. На основе экспериментальных данных предложена оптимальная среда и способ переработки фильтрующего материала с целью выделения ядерных делящихся материалов для их повторного вовлечения в производственные линии.

Ключевые слова: ткань Петрянова, органические растворители, переработка РАО, возврат ядерных материалов.

В 50-х годах 20 века в СССР было разработано полотно Петрянова, представляющее собой ультратонкие полимерные волокна [1]. Подобный материал нашёл широкое применение в атомной промышленности для очистки газовых сред от аэрозолей. Ресурс фильтров на основе полотна Петрянова (ФПП) возможно определить по привесу массы, росту экспозиционной дозы, времени работы. Следует отметить, что не все уловленные аэрозольные частицы являются радиоактивными – велик вклад пылевой фракции. За десятилетия эксплуатации атомных объектов скопилось большое количество отработавших фильтров на основе ткани Петрянова (В-0,4; ФВ-0,1; Д-23 и пр.), содержащих аспирированные альфа-, бета-, гамма-излучающие радионуклиды. Наличие в составе радиоактивных отходов (РАО) долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов, обуславливает их отнесение ко 2 или 3 классу радиоактивных отходов в зависимости от накопления трансурановых элементов. В сочетании того, что конструкция аэрозольных фильтров представляет собой нетканый материал из очень тонких волокон с относительно невысокой удельной плотностью, процесс кондиционирования образующихся РАО данного типа, приводит к низким показателям заполняемости контейнеров и кратно увеличивает затраты на захоронение. Учитывая все вышесказанное, отделение трансурановых элементов с одновременным компактированием материала фильтра, позволит избежать ситуации захоронения практически пустых контейнеров по цене отходов высокого класса.

Для определения условий деструкции ФПП важны несколько его характеристик: стойкость к концентрированным кислотам и щелочам, спиртам и предельным углеводородам, высокая растворимость в ароматических и хлорированных углеводородах, кетонах.

В литературе описаны принципиально различные пути обращения с отработавшими аэрозольными фильтрами на основе ФПП: растворение фильтра в органическом растворителе [2] и термическая деструкция [3]. Первый способ заключается в растворении материала аэрозольного фильтра с последующей фильтрацией полученной суспензии и регенерацией растворителя. Второй способ заключается в разложении фильтра при температуре 500 °С, с последующим кислотным растворением сухого остатка.

В работе представлены результаты экспериментов по деструкции фильтрующего материала аэрозольных фильтров в различных средах – азотной кислоте и органических растворителях, предложена оптимальная технология по их переработке, позволяющая минимизировать объём образующихся органических и коррозионно-активных отходов. Показана возможность выделения накопленных ядерных делящихся материалов (ЯДМ) с целью их повторного возвращения в ядерный топливный топливный цикл.

Проведены исследования в обоснование возможности кислотного смывания ЯМ с поверхности отработавшего аэрозольного фильтра при 25 °С и при 70-80 °С. К недостаткам данного метода относятся неполное извлечение ЯДМ и необходимость в полной разборке фильтра, так как при обработке фильтра концентрированной азотной кислотой при нагревании корпус фильтра плавится.



В качестве растворителей ФПП можно применять о-ксилол, бензол, ацетон. Растворимость ФПП в ацетоне сильно зависит от содержания хлора в материале, при превышении значения в 62-64% [4], ткань Петрянова в ацетоне не растворяется. Растворимость ФПП в растворах бензола и о-ксилола определена экспериментально и составила 90 г/л и 112 г/л соответственно. Однако, несмотря на более высокую растворимость о-ксилола, рекомендуется использовать бензол, поскольку его дальнейшее отделение от твердого остатка ФПП и возврат в технологический цикл легко организуются методом перегонки. Этот результат в настоящей работе значительно отличается от [2], в котором затруднен возврат растворителя, что также было подтверждено экспериментально.

В результате выполненных исследований установлено следующее:

1. Наибольшей технологической перспективой обладают ароматические углеводороды бензол и о-ксилол, как с точки зрения способности к растворению ФПП, так и пригодностью к регенерации растворителя;
2. Применение ароматических растворителей позволяет максимально извлечь ЯДМ из фильтровального материала, при этом растворение материала происходит практически моментально;
3. Показано, что основной недостаток предложенной схемы, в виде органических вторичных РАО, нивелируется возможностью рециклирования растворителя.
4. Оборудование для проведения процесса необходимо разрабатывать в герметичном исполнении для предотвращения повреждения первой ступени газоочистки радиационно-защитного оборудования и соблюдения требований взрыво-, пожаробезопасности.

Список литературы

1. Петрянов В.И., Садовский Б.Ф., Басманов П.И., Борисов Н.Б. *Аэрозольная безопасность при выполнении советского атомного проекта. // История советского атомного проекта, 1996. Т. 3. С. 121-126.*
2. Патент № 2492536 Российская Федерация, МПК G21F9/28. *Способ переработки отработавших фильтров на основе ткани Петрянова: № 2011147411/05: заявлено 22.11.2011: опубликовано 27.05.2013 / Мишина Н.Е., Красников Л.В., Лумпов А.А., Мурзин А.А. – 6 с.*
3. Яндаев Д.М., Резцова В.А., Латыпов М.Н., Момотов В.Н. *Экспериментальная переработка отработавшего аэрозольного фильтра радиационно-защитной камеры // АО «ГНЦ НИИАР» Научный годовой отчет, 2022 – 298с.*
4. Патент № 2244722 С1 Российская Федерация, МПК C08F 8/22. *способ получения перхлорвинилового смолы : № 2003110824/04 : заявл. 15.04.2003 : опубл. 20.01.2005 / Д. С. Кульгарин, З. Г. Расулев, Ю. К. Дмитриев [и др.] ; заявитель Закрытое акционерное общество «Каустик». – EDN WZEIRB.*

КОМПАКТИРОВАНИЕ ТРО МЕТОДОМ ПЛАВЛЕНИЯ ПРИ УМЕРЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Замалтдинова А.Р., Болдаков В.А., Копанева К.О., Дмитриева О.С., Абрамов С.В., Серебряков В.В., Погляд С.С.

Акционерное общество «Государственный научный центр-Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Россия

e-mail: Salakhova2323@yandex.ru

Аннотация: В докладе приведены результаты экспериментов по компактизации средств индивидуальной защиты методом низкотемпературного плавления при 200°C, проведен выбор оптимального соотношения составляющих СИЗ.

Ключевые слова: твердые радиоактивные отходы (ТРО), средства индивидуальной защиты (СИЗ), низкотемпературное плавление, полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид (ПВХ), резина.

В процессе деятельности в области использования атомной энергии на ядерно и радиационно опасных объектах (ЯРОО) образуются твердые радиоактивные отходы (ТРО) различного морфологического состава, включая отработавшие по назначению средства индивидуальной защиты (СИЗ). Целью настоящей работы является разработка метода компактизации отработавших СИЗ при низкотемпературном плавлении без озоления. Такой способ позволит сократить объемы ТРО и уменьшить затраты на их захоронение.

В работе использовали СИЗ широкой номенклатуры, выпускаемой отечественной промышленностью и состоящие из полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида (ПВХ) и резины. Выбор температурного режима нагрева осложняется различной температурой плавления представленных материалов, выделением хлорсодержащих и смолистых веществ в данном процессе [1-3].

Для реализации поставленной задачи экспериментально произведена апробация процесса плавления в диапазоне температур до 200°C различных вариаций смесей фрагментов СИЗ в шахтной печи. Фрагменты СИЗ помещались в печь в тefлоновом тигле. Улавливание отходящих газов осуществлялось при помощи щелочной ловушки объемом 250 мл с раствором NaOH концентрацией 1 моль/л. Внешний вид тигля со смесью фрагментов СИЗ представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Тигель со смесью фрагментов СИЗ до плавления

Провели серию экспериментов с фиксированной массой навесок фрагментов СИЗ, равной 9 г. Массовые соотношения каждого составляющего СИЗ в смесях варьировали от 10 % до 40 %. Составы навесок фрагментов СИЗ в каждом эксперименте представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Массовые соотношения СИЗ

Материал	Наименование СИЗ	Номер эксперимента			
		1	2	3	4
		Содержание, %			
100% полиэтилен	Защитный костюм ВТR-800	10	40	30	20
Полипропилен	Нарукавники	20	10	40	30
ПВХ	Следки	30	20	10	40
Резина	Кислотостойкие перчатки	40	30	20	10

Перед операцией плавления измеряли высоту наполнения тигля, определяли объем СИЗ взятых для эксперимента. По окончании процесса, вынимали образец из тигля и определяли убыль его объема без прессования. Содержание хлороводорода в ловушках определяли методом кислотно-основного титрования. Внешний вид тигля с плавом по окончании эксперимента представлен на рисунке 2. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.



Рис. 2 – Тигель с плавом фрагментов СИЗ

Таблица 2 Результаты экспериментов

Номер эксперимента	Убыль массы, %	Убыль объема, %	Убыль концентрации NaOH, моль/л
1	9,3	60,5	0,033
2	6,7	62,5	0,006
3	2,1	72	0
4	9,5	61,4	0,023

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Основное влияние на состав отходящих газов оказывают ПВХ-содержащие отходы, такие как пластиковые мешки, нарукавники, бахилы. В третьем эксперименте, с минимальным содержанием ПВХ, отмечена наименьшая убыль массы, низкий выход летучих органических соединений, что технологически упрощает газоочистку;

2. Метод плавления СИЗ без озоления позволяет значительно, не менее чем в 4 раза, сократить объем компактизуемых ТРО, что делает его перспективным в задаче создания модульных установок обращения с ТРО данного вида в местах их непосредственного образования на ЯРОО.

Список литературы

1. Свирицевский, С. Ф. Термическое разложение отходов, содержащих поливинилхлорид / С. Ф. Свирицевский, С. Л. Лейнова, В. В. Пономарев. — Текст: непосредственный // Сб. науч. трудов «Экологические проблемы промышленных городов». — Саратов: издательство СГТУ, 2013. — С. 9.
2. Васильченко, А. В. Особенности поведения при нагреве современных полимерных строительных материалов / А. В. Васильченко, Н. Г. Попова, О. Н. Любенко. — Текст: непосредственный // Сб. науч. трудов «Проблемы пожарной безопасности». — Харьков: АПБУ, 2003. — С. 28–33.
3. Журавлева, И.И. Высокомолекулярные соединения. Часть VI. Синтетические полимеры: учебное пособие / И.И. Журавлева, В.А. Акопьян. — Самара: Издательство «Самарский университет», 2014. — 528 с.

О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ НАДЗОРЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Криворотова В.В., Камаева Т.С.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (ФГУП «РАДОН»), г. Москва, Россия

e-mail: ViVKrivorotova@radon.ru

Аннотация: В докладе приведен анализ состояния метрологического надзора во ФГУП «РАДОН»

Ключевые слова: метрологический надзор, метрологическая служба, средства измерений, поверка средств измерений, аттестация методик, метрологическая экспертиза документации

Одним из необходимых элементов контроля за соблюдением установленных законодательством РФ правил и требований безопасности в области обеспечения единства измерений является метрологический надзор, осуществляемый метрологической службой предприятия.

Метрологический надзор (МН) – контрольная деятельность, осуществляемая метрологической службой, заключающаяся в систематической проверке соблюдения метрологических требований как в сферах, так и вне сфер государственного регулирования, в предотвращении нарушений, а также в принятии мер по устранению нарушений, выявленных во время надзорных действий.

Метрологический надзор проводится в целях:

- проверки соблюдения метрологических правил и норм, оценки состояния измерений на предприятии;
- совершенствования деятельности по обеспечению единства измерений и требуемой точности измерений на предприятии.

Метрологическому надзору подлежат следующие объекты:

- состояние измерений;
- средства измерений (СИ), используемые в подразделениях, включая СИ, используемые при контроле параметров, оказывающих влияние на достоверность получаемых результатов измерений (испытаний);
- СИ, применяемые в качестве эталонов;
- эталоны, применяемые при поверке и калибровке СИ;
- источники ионизирующего излучения (ИИИ) метрологического назначения, стандартные образцы, реактивы;
- технические устройства с измерительными функциями, используемые в технологических процессах и процессах управления;
- испытательное и вспомогательное оборудование;
- методики (методы) измерений, в том числе методики количественного химического анализа, методики радиационного контроля и другие;
- программное обеспечение, применяемое в измерительных целях;
- результаты измерений (испытаний);
- документация (нормативная, техническая) по выполнению измерений, обеспечению их единства, метрологическому обеспечению производства;
- автоматизированные системы (АС) в целом, входящие в их состав СИ;
- соблюдение метрологических правил и норм при получении результатов измерений (испытаний).

Метрологический надзор может быть внешним и внутренним.

Внешний метрологический надзор проводится в рамках федерального государственного метрологического надзора Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и в рамках отраслевого – метрологической службой Госкорпорации «Росатом».

Основная задача внешнего метрологического надзора – контроль (проверка) соответствия состояния объектов метрологического надзора установленным требованиям по обеспечению единства измерений.

Внутренний метрологический надзор (далее – ВМН) на предприятии проводит метрологическая служба



предприятия в соответствии с ГОСТ 8.612-2012 [1], ГОСТ Р 8.884-2015 [2], СТО 95 12072-2021 [3], СТО Рад 84-2025 [4].

ВМН проводится ежегодно по приказу технического директора в соответствии с утвержденным Планом-графиком. Периодичность надзора должна обеспечивать его систематический характер с целью обнаружения нарушений и принятия своевременных мер по устранению обнаруженных нарушений. В состав комиссий входят работники метрологической службы дирекции и (или) отдела метрологического обеспечения производства НПК-Сергиево-Посадского филиала, а также главные метрологи / ответственные за метрологическое обеспечение в филиалах (отделениях) и (или) главные инженеры филиалов (отделений).

Основными элементами ВМН являются подготовительные работы и процедура проверки подразделения.

Для оптимизации затрат по времени на проведение проверки председателем комиссии ВМН разрабатывается и направляется по электронной почте руководителю проверяемого подразделения опросный лист, содержащий перечень объектов ВМН и проверяемых характеристик деятельности подразделения. Руководитель проверяемого подразделения заполняет опросный лист и направляет его председателю комиссии в срок не менее трех рабочих дней до начала проведения проверки. При этом руководитель проверяемого подразделения осуществляет подготовку объектов метрологического надзора к проведению проверки и при необходимости разрешительных документов для посещения комиссией объектов филиала (отделения), где будут осуществляться надзорные действия. После получения заполненного опросного листа комиссия проводит ознакомление с ним и при необходимости запрашивает у проверяемого подразделения дополнительные сведения и (или) отдельные необходимые документы. Комиссия может дополнять содержание опросного листа.

Результаты ВМН комиссия оформляет Актом по Приложению Б СТО Рад 84-2025 [4], который посредством ЕОСДО направляется директору проверяемого филиала. В случае обнаружения нарушений, несоответствий и (или) выдачи замечаний (рекомендаций) на основании полученного Акта проверки (предписаний) руководитель проверяемого подразделения разрабатывает План мероприятий по устранению выявленных нарушений (несоответствий), учета рекомендаций комиссии и направляет в метрологическую службу дирекции. Проверяемое подразделение принимает меры по выполнению Плана в соответствии с установленными сроками и составляет Отчет по устранению выявленных нарушений (несоответствий), учета выданных рекомендаций комиссии, который направляется в метрологическую службу дирекции.

По результатам проверок один раз в год главный метролог-начальник службы совместно с работниками метрологической службы проводит анализ деятельности по ВМН, по состоянию метрологического обеспечения на предприятии. По результатам анализа составляется отчет, который утверждает технический директор.

В таблице 1 представлены основные замечания по проведенным ВМН в 2024 году.

№ п/п	Выявленные нарушения/ несоответствия 2024 г.	Состав комиссии
1	<p>1. В рабочих помещениях ЛРК находятся не поверенные весы аналитические САРТОГОСМ (без инв.номера) и не аттестованное испытательное оборудование (электрическая печь с терморегулятором температуры ПТ-200 (инв. номер 83783)) без указательных наклеек («Ремонт» / «Резерв» / «Выведено из эксплуатации») и т.п.)</p> <p>2. Контроль качества измерений в ЛРК фактически не проводится – несоответствие повторно, указано в Акте МН № 02/05-23 от 29.05.2023 г.</p> <p>3. Журнал измерения проб ЛРК ведется с нарушением требований НД и МВИ.</p> <p>4. Несоответствия при оформлении Протоколов ЛРК – несоответствие повторно, указано в Акте МН № 02/05-23 от 29.05.2023 г.</p> <p>5. В журналах ЛРК листы подписей лиц, имеющих право вносить записи, заполнены частично – несоответствие повторно, указано в Акте МН № 02/05-23 от 29.05.2023 г.</p> <p>7. Первичные записи исполнителей фиксируются с нарушением установленных требований, рабочие журналы исполнителей отсутствуют. Нет журнала(ов) для фиксации особых условий испытаний.</p> <p>8. Не исправен канал измерения относительной влажности воздуха СИ</p>	МС дирекции
2	<p>1. График поверки составлен не корректно: СИ, подлежащие поверке на 2024 г. указаны частично; отсутствуют СИ следующих видов измерений: измерения параметров потока, расхода, уровня, объема веществ; измерения давления, вакуумные измерения; теплофизические и температурные измерения; измерения электрических и магнитных величин.</p> <p>2. Отсутствует перечень применяемых МВИ.</p> <p>3. В рабочих журналах №№ 335-04.9.3.2-23, 335-04.9.3.2-17 неверно указано наименование измеряемых параметров и их единиц измерений.</p> <p>4. Не проводится контроль параметров микроклимата, отсутствуют журналы для ведения записей о климатических факторах внешней среды.</p>	МС дирекции
3	<p>1. Приказ филиала «О назначении ответственных за метрологическое обеспечение в подразделениях филиала» не актуализирован - указаны должностные лица, уволенные на настоящий момент.</p> <p>3. Отсутствуют программы и методики аттестации испытательного оборудования (22 ед.); отсутствуют протоколы и аттестаты первичной аттестации на 7 ед. ИО ЛРК.</p> <p>4. Несоответствия при оформлении протоколов измерений ЛРК.</p> <p>5. Несоответствия в части полноты и правильности указания результатов измерений в протоколах ЛРК № 20-2/24 от 22.05.2024, № 20-3/24 от 22.05.2024, № 20-11/24 от 22.05.2024.</p>	МС дирекции



4	<p>1. Несоответствие дат поверок СИ датам очередных поверок графика поверки средств измерений (в выборочно предоставленных свидетельствах на поверку для весов электронных и секундомеров механических, а также СИ, применяемых для контроля параметров микроклимата).</p> <p>2. Несоответствия при оформлении Протоколов испытаний ЛРК.</p> <p>3. Отсутствие методик аттестации ИО.</p> <p>4. Несоблюдение порядка и правильности оформления результатов отбора проб.</p>	МС дирекции
5	Отсутствует аттестат первичной аттестации, протокол первичной аттестации, программа и методика аттестации на ИО	МС дирекции
6	<p>1. В отделе эксплуатации ПХРО имеются 3 ед. технических устройств с измерительными функциями, применяемых в качестве индикаторов. Подтверждающих документов о переводе данных технических устройств в разряд индикаторов, в соответствии с СТО Рад 87-04.5-2024, не предоставлено.</p> <p>2. В Отделении проводится предварительная метрологическая экспертиза документации в соответствии со стандартом организации СТО Рад 26-2024, разработанный на основании ГОСТ Р 8.1015-2022. Ответственный за МО в Отделении не имеет повышения квалификации по программе метрологической экспертизы документации.</p> <p>3. Не представлен перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и выполняемых при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии.</p>	ГК «Росатом»
7	<p>1. Перевод СИ в разряд индикаторов не оформлен надлежащим образом.</p> <p>2. В Журнале учета результатов радиационного контроля (выдачи индивидуальных дозиметров) № 335-03.2.9.3.2.1-12 неверно указан измеряемый параметр «доза», вместо «индивидуальный эквивалент дозы»; не указана погрешность измерений.</p> <p>3. Регистрация результатов измерений в журнал учета результатов радиационного контроля отделения не ведется (замечание повторно, указано в Акте ВМН № 04/07-23 от 06.07.2023 г.).</p> <p>4. Техническое обслуживание СИ в июле и августе не проводилось.</p>	МС дирекции
8	В журнале радиационного контроля ПХРО отделения не указана погрешность измерений, неверно указаны единицы измерений плотности потока альфа-, бета-частиц	МС дирекции
9	<p>1. В «Положение о метрологическом обеспечении» (далее – Положение о МО), утвержденном приказом директора филиала: <ol style="list-style-type: none"> 1 - в пункте 1.2. Положения о МО нет ссылки на документ по организации и осуществлению учета средств измерений; - в пункте 6.2. не корректно указан инициатор проведения МСИ в филиале.</p> <p>2. В представленном протоколе № 2944/2500 от 22.11.2023 на испытательное оборудование номинальная рабочая температура не соответствует значению, приведенному в программе и методике аттестации испытательного оборудования.</p> <p>3. На момент проверки штат ЛРК не укомплектован на 50%. Свободны две штатные единицы: специалист ЛРК.</p>	ГК «Росатом»
10	<p>1. Положение о метрологическом обеспечении в филиале, утвержденное приказом № 335-02.2/93-П от 19.07.2024 г., п.1.7 привести в соответствие п. 5.11 П Рад 07-2023 «Положение о метрологической службе ФГУП «РАДОН»: поставка на учет вновь приобретаемых СИ входит в функции ответственных за метрологическое обеспечение в филиале.</p> <p>2. В должностной инструкции главного инженера отделения, утвержденной 15.03.2023 г., в перечне обязанностей отсутствует обязанность по организации работ по метрологическому обеспечению в отделении.</p>	ГК «Росатом»
11	<p>1. Актуализировать в соответствии с действующими нормативными актами РК ЛРК в части описания процедур по внутреннему контролю качества измерений или оформить отдельным документом; ввести в действие приказом/распоряжением по филиалу.</p> <p>2. Проверить во всех журналах ЛРК подписи лиц, имеющих право вносить записи; при отсутствии – оформить листы образцов подписей.</p> <p>3. На СИ оформить наклейки с указанием актуальной информации о поверке.</p> <p>4. Оформить отдельный журнал для радиометрических измерений по объекту «вода подземная».</p>	МС дирекции
12	<p>1. В «Положении о метрологической службе филиала» в п. 1.2 указана ссылка на отмененный документ ПР 50-732-93 «ГСИ. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления РФ и юридических лиц»; в п. 5.2 абзац 6 указаны обязанности метрологической службы филиала, которые фактически отсутствуют в организации (участие в аттестации технологических процессов и в проверке технологического оборудования на соответствие установленным нормам точности).</p> <p>2 В п. 9.4 «Положения о метрологическом обеспечении в филиале» перевод средств измерений (СИ) в индикаторы представлен в общем виде, нет конкретного описания порядка перевода; не указана необходимость согласования Акта перевода СИ в индикаторы с метрологической службой ФГУП «РАДОН».</p> <p>3. Нет программ и методик аттестации, не представлены аттестаты на испытательное оборудование.</p> <p>4. Регистрация измерений при контроле параметров окружающей среды соответствует процедуре, описанной в Руководстве по качеству лаборатории радиационного контроля (п.6.3, версия 2 от 20.06.2023), не в полном объеме.</p>	ГК «Росатом»



13	<p>1. Отсутствуют программы и методики аттестации испытательного оборудования ЛРК; отсутствуют аттестаты и протоколы первичной аттестации ИО ЛРК.</p> <p>2. Правила оформления отчетов о результатах, прописанные в п. 7.8 РК, не в полной мере (частично) описывают требования к отчетам о результатах в соответствии с п. 7.8 ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.</p> <p>3. Несоответствия при оформлении протоколов испытаний и актов отбора проб ЛРК.</p> <p>4. Отсутствуют рабочие журналы исполнителей, в т.ч. журналы для внесения записей ПРК/РК отделения.</p> <p>5. Процедуры по внутреннему оперативному контролю в «Программе контроля качества измерений радиационных параметров, проб окружающей среды, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» (утв. приказом директора отделения) не раскрыты, программа содержит общие фразы, по тексту имеются ссылки на ОСТ 95 10289-2005 (не на ГОСТ Р 8.984-2019).</p>	МС дирекции
14	<p>1. Отсутствуют программы аттестации испытательного оборудования ЛРК.</p> <p>2. В Актах отбора проб отсутствуют наименования отбираемых проб; идентификация лица, утвердившего Акты отбора проб</p>	МС дирекции
15	<p>1. Несоответствия по описанию правил в РК ЛРК.</p> <p>2. Несоответствия по проекту заявляемой области аккредитации ЛРК.</p> <p>3. Несоответствия в части оформления протоколов ЛРК.</p> <p>4. Несоответствия при оформлении плана на участие в МСИ ЛРК на 5 лет.</p> <p>5. Несоответствия в части проведения внутреннего контроля качества измерений.</p> <p>6. Несоответствия в части верификации методик заявляемой области аккредитации ЛРК.</p>	МС дирекции
16	<p>1. Отсутствуют аттестаты и протоколы первичной аттестации испытательного оборудования</p> <p>2. Протоколы периодической аттестации не утверждаются заказчиком</p> <p>3. Представлены сомнительные результаты измерений по гамма-спектрометрии</p>	МС дирекции
17	<p>1. Отсутствуют документы, подтверждающие правильность перевода в разряд индикаторов.</p> <p>2. Несоответствия в части ведения записей в журнале.</p> <p>3. Несоответствия в части оформления протоколов РРЛ.</p> <p>4. Несоответствия в части проведения внутреннего контроля качества измерений.</p> <p>5. Отсутствуют правила (инструкция, порядок) по контролю условий окружающей среды.</p> <p>6. Отсутствуют средства измерений для контроля микроклимата.</p>	МС дирекции
18	<p>1. Отсутствуют документы, подтверждающие правильность перевода в разряд индикаторов.</p> <p>2. Отсутствуют аттестаты и протоколы первичной аттестации ИО.</p> <p>3. Несоответствия в части оформления протоколов.</p> <p>4. Несоответствия по оформлению результатов процедуры контроля качества измерений.</p> <p>5. Отсутствуют правила (инструкция, порядок) по контролю условий окружающей среды.</p> <p>6. Отсутствует ВЛК по спектрометрическим, радиометрическим, дозиметрическим методам (не представлено комиссии).</p>	МС дирекции
19	<p>1. Несоответствия по описанию правил в РК.</p> <p>2. Несоответствия по ОА: внести корректировки в актуализируемую и расширяемую области аккредитации в соответствии с замечаниями, указанными в п. 4 Акта, по все местам осуществления деятельности.</p> <p>3. Несоответствия по форме 1: указано, что руководитель ЛРК занимается измерениями, при этом фактически измерения не проводит, а организует и контролирует этот процесс, утверждает протоколы измерений (испытаний); 10 сотрудников в зоне риска - как имеющие образование, не соответствующее области аккредитации.</p> <p>4. Несоответствия по форме 2: указаны недействующие сведения о поверке СИ; часть СИ фактически находятся в других местах, не указанных в ОА.</p> <p>5. Несоответствия по форме 5: ОСГИ-А-Ам-241 – срок годности ИИИ закончен 04.07.2022.</p> <p>6. Наличие по месту осуществления деятельности в ОА оборудования, средств измерений: провести процедуру расширения области аккредитации по новому адресу МОД (фактически рабочие места персонала, средства измерения и вспомогательное оборудование находятся по новому адресу).</p> <p>7. Несоответствия при проведении процедуры внутреннего аудита в подразделениях: проводится частично (не полностью охватывает все подразделения) и фиктивно (без личного присутствия проверяющих).</p> <p>8. Несоответствия при проведении процедуры анализа со стороны руководства: проводится фиктивно (без личного участия и присутствия начальника).</p> <p>9. Участие в межлабораторных сличениях: не все подразделения участвуют в МСИ.</p> <p>10. Несоответствие в части верификации РОА: листы 2-6 РОА: позиции 2.1-2.6, 3.1, 3.2, 3.3, 2.2-3.4; листы 15-16 РОА: позиции 3.1-3.3, 3.4; листы 8-14: позиции 3.1, 2.1, 2.2, 2.3, 3.4- 3.10 - не представлены Акты верификации МИ.</p> <p>11. Несоответствия в части оформления протоколов.</p> <p>12. Несоответствия в части названия и ведения журналов: в РК написаны конкретные названия журналов, фактически на рабочих местах названия и поля журналов разные.</p> <p>13. Несоответствие в части ведения архива: необходимо определить место по адресу места осуществления деятельности, архив оформить в соответствии с номенклатурой дел (с указанием на каждой папке: номер дела, название, срок годности, статья); определить закрывающийся на ключ шкаф, завести журнал выдачи и приема дел из архива.</p>	МС дирекции

Как видно из таблицы комиссиями по МН выявлено наибольшее количество несоответствий и замечаний в части аттестации испытательного оборудования, оформления протоколов ЛРК, наличия рабочих журналов и ведения записей в них, перевода СИ в разряд индикаторов, проведения внутрिलाбораторного контроля качества измерений. По результатам выявленных несоответствий, выданных рекомендаций подразделениями филиалов составлены Планы и Отчеты по устранению. При следующем МН комиссии в обязательном порядке проверяют их выполнимость.

В целом в 2024 году было проведено 33 ВМН: в 12 подразделениях НПК-Сергиево-Посадского филиала ФГУП «РАДОН» и 21 – в остальных филиалах. Как правило, внутренние МН в филиалах/отделениях совмещаются с проведением внешних МН со стороны комиссии Госкорпорации «Росатом». В 2024 году было проведено 4 внешних МН в филиалах и отделения ФГУП «РАДОН»: Нижегородском и Самарском отделениях филиала «Приволжский территориальный округ», филиале «Сибирский территориальный округ», Кирово-Чепецком отделении Приволжского филиала – результаты положительные. В 2025 году запланировано 2 внешних МН: НПК-Сергиево-Посадский филиал и Новосибирское отделение филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РАДОН».

Ключевая задача метрологического обеспечения производства заключается в поддержании единства всех измерений, необходимых для повышения безопасности труда персонала, качества оказываемых услуг, эффективности производства и управления, для ведения достоверного учета ресурсов, снижения степени влияния на окружающую среду. Метрологическое обеспечение производственных процессов позволяет оптимизировать управление как предприятием в целом, так и отдельными технологическим процессами, обеспечивая стабилизацию, поддержку качества оказываемых услуг.

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.884-2015 «ГСИ ОЕИ. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения».
2. ГОСТ 8.612-2012 Межгосударственный стандарт «Государственная система обеспечения единства измерений. Организация и порядок обеспечения внутреннего метрологического надзора на предприятиях с промышленно опасными объектами».
3. СТО 95 12072-2021 «Метрологический надзор в области использования атомной энергии. Основные положения и процедуры проведения».
4. СТО Рад 84-2025 Стандарт организации «Организация и порядок проведения внутреннего метрологического надзора на предприятии».



ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Лащенко Т.Н.^{1,2}

¹ФГБУ ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, ФМБА России, 123098, Москва, Живописная, д. 46.

²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 117198, Миклухо-Маклая, д.6.

tlaschenova@yandex.ru

Аннотация:

Стратегия охраны здоровья и защиты окружающей среды в настоящее время заключается в комплексном подходе к учёту влияния всех техногенных факторов, выявления потенциальной опасности, определение критериев оценки и степени опасности. В работе предложен подход по организации комплексной экологической защиты территории, в зависимости от суммарной техногенной нагрузки, на основе экологических параметров контроля состояния территории и гигиенических критериев оценки состояния здоровья для персонала и населения.

Для унификации техногенного воздействия предлагается оценка канцерогенного радиационного и химического риска на основе выявленного техногенного загрязнения. Это позволит проводить оценку потенциальной опасности для здоровья персонала и населения при эксплуатации и выводе из эксплуатации РОО и их территорий. Также разработать критерии остаточного радиационного и химического загрязнения при выводе из эксплуатации аварийных объектов и территорий, которые будут служить основой для принятия управленческих решений по дальнейшим действиям.

Ключевые слова:

радиационно опасные объекты, загрязнённые территории, остаточное загрязнение, вывод из эксплуатации, комплексная экологическая защита, техногенные и природные радионуклиды, техногенное загрязнение, потенциальная опасность, степень опасности, референтные уровни, критерии оценки

В настоящее время в России функционирует большое количество радиационно опасных объектов (РОО) как в атомной отрасли, так и в народном хозяйстве, которые находятся на разных стадиях эксплуатации. Атомная отрасль отмечает 80-летие своего существования, за это время накоплены объекты, срок эксплуатации которых закончился или заканчивается, и их необходимо выводить из эксплуатации. Также в России имеются территории радиационных аварий и инцидентов, территории объектов ядерного и уранового наследия и многие другие, которые являются источниками, представляющие опасность для человека. Радиационная опасность может формироваться как за счет техногенных, так и природных радионуклидов, которые находятся в составе как органических, так и неорганических соединений, являющиеся химическими соединениями, которые сами по себе могут быть техногенными загрязнителями. На этапе планирования любых работ на таких территориях необходимо проводить предварительную экологическую оценку для выявления всех возможных факторов техногенного воздействия.

При штатной работе РОО, в нормальном режиме эксплуатации, исходя из стандартных условий формирования сбросов и выбросов, которые регламентируются, защита осуществляется радиационным контролем и мониторингом состояния территории.

Наибольшую радиоэкологическую опасность представляют предприятия и учреждения, применяющие открытые радиоактивные источники, аварии на которых могут привести к техногенному загрязнению окружающей среды и облучению населения. Как правило, такие объекты являются потенциально опасными как по радиационному, так и по химическому факторам, при этом воздействие на окружающую среду не является специфическим и выражается в сходных ответных реакциях природных экосистем. На необходимость

комплексного подхода к оценке состояния окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации РОО говорилось в работах Л.А. Ильина, Р.М. Алексахина, И.И Крышева и других ученых.

Внедрение методологии комплексной оценки состояния окружающей среды является актуальной задачей, которая позволит выработать критерии оценки, связать радиационно-гигиенические параметры, учитывающие воздействие всех факторов на здоровье, и экологические, оценивающие состояние окружающей среды [1].

Анализ радиоэкологической обстановки на всей территории Российской Федерации показал, что реальное среднегодовое содержание основных дозообразующих радионуклидов в атмосферном воздухе и в воде, в целом, в 104 раз меньше величин, приведенных в НРБ-99/2009 [2]. Важной народнохозяйственной задачей является сохранить такое состояние окружающей среды, и не допустить накопление радионуклидов и химических элементов в объектах окружающей среды на территориях.

Стратегия охраны здоровья и защиты окружающей среды в настоящее время заключается в комплексном подходе к учёту влияния всех техногенных факторов, выявлении потенциальной опасности с определением критериев оценки и степени опасности [3].

Результаты радиационного контроля и комплексного мониторинга на разных площадках, загрязненных радионуклидами, накопленные автором показывают, что часто над радиационным превалирует химическое загрязнение, но оно не входит в обязательную программу контроля территории. Защита персонала и населения требует комплексного подхода к выявлению, оценке степени и потенциальной опасности суммарной техногенной нагрузки [4,5]. Для этого необходимо выявлять и оценивать вклад каждого фактора. У каждого техногенного загрязнителя своё нормирование. Допустимая техногенная нагрузка зависит от категории потенциальной опасности РОО, а также статуса территории расположения, намерений по дальнейшему использованию. Перед организацией работ на этапе вывода из эксплуатации РОО и реабилитации территорий, важно понимать экологическое состояние территории, и это является важной и актуальной задачей стоящей перед всеми эксплуатирующими организациями. В российских документах отсутствуют единые рекомендации и согласованные требования к выводу из эксплуатации РОО и их территорий.

Целью данной работы является показать унифицированный подход по организации комплексной экологической защиты территории в зависимости от суммарной техногенной нагрузки на основе экологических параметров контроля состояния территории и гигиенических критериев оценки состояния здоровья для персонала и населения.

Данный вид деятельности входит в зону ответственности ФМБА России. Проведенные работы на разных площадках показали необходимость применения комплексного подхода для оценки степени потенциальной опасности техногенного загрязнения, прежде всего. Для выявления всех факторов техногенного воздействия на объекте и его территории обязательный контроль должен включать содержание не только радионуклидов, но и химических загрязнителей: в почве, приземном слое атмосферного воздуха, подземной и поверхностной воде, местных продуктах питания. Наши предложения направлены на разработку методологии комплексного контроля содержания не только радионуклидов, но и химических загрязнителей, выявлению обязательных параметров контроля, достаточных для получения достоверной информации и экономически обоснованных, но в тоже время позволяющих оценить степень опасности техногенного воздействия.

Для унификации техногенного воздействия предлагается оценка канцерогенного радиационного и химического риска на основе остаточного техногенного загрязнения территории. Это позволит проводить оценку потенциальной опасности для здоровья персонала и населения при эксплуатации и выводе из эксплуатации, и позволит разработать унифицированный подход РОО в зависимости от суммарной техногенной нагрузки. Также разработать критерии остаточного радиационного и химического загрязнения при выводе из эксплуатации аварийных территорий, которые будут служить основой для разработки методологии, позволяющей принимать управленческие решения по дальнейшим действиям.

Данные, полученные на разных площадках [1], позволили предложить основные удельные показатели в зависимости от вида техногенного загрязнения; выявить референтные значения основных параметров контроля, формирующие среднюю годовую эффективную дозу облучения за счет техногенных и природных радионуклидов; основные критерии оценки для территорий с дополнительной техногенной химической нагрузкой, а также для территорий с техногенно измененным природным фоном на объектах уранового наследия, имеющих дополнительную химическую нагрузку за счет соединений урана, радия и их дочерних продуктов распада, особенно ^{222}Ra . В работе [6] получили основные референтные показатели, формирующие среднюю годовую эффективную дозу облучения (СГЭД) за счет природных радионуклидов. Эти критерии особенно важны при выводе из эксплуатации загрязненных и аварийных территорий, их категорирование на основе принципов радиационной безопасности, в зависимости от намерений дальнейшего использования и служат основой для принятия управленческие решений по дальнейшим действиям на основе экономически обоснованных

критериев. Организация комплексной экологической защиты территории в районе расположения радиационно опасных объектов зависит от многих факторов, учет которых является важной составляющей соблюдения требований безопасности.

Список литературы

1. Коренков И.П., Шандала Н.К., Лащенова Т.Н., Соболев А.И. «Защита окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно опасных объектов» под ред. Коренков И.П. и Котенко К.В. // М.: Издательство БИНОМ, 2014. - 440 с.
2. Дмитриев С.А., Коренков И.П., Лащенова Т.Н. Шандала Н.К. Анализ состояния объектов окружающей среды по радиационным и химическим факторам в Московском регионе // Вестник Российской академии естественных наук. – 2008, том 8, №3. - С. 50-56.
3. Лащенова Т. Н. Комплексная оценка состояния окружающей среды по радиационным и химическим факторам при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно опасных объектов: Автореф... д-р биол. наук. – М., 2008. – 50 с.
4. Кириллов В.Ф., Коренков И.П., Лащенова Т.Н., Соболев А.И. Комплексная гигиеническая и экологическая оценка территории при эксплуатации радиационно-опасных объектов // Медицина труда и промышленная экология. – 2009 – № 3. – С. 1–4.
5. Коренков И.П., Лащенова Т.Н., П.П. Невейкин, Н.К. Шандала. Экологические и экономические подходы к выводу из эксплуатации радиационно опасных объектов // Гигиена и санитария. – 2011. – №6– С. 17-21
6. Карл Л.Э. Радиоэкологическая защита населения на потенциально радоноопасных территориях: автореф... дис. канд. биол. наук. – М.: 2024. – 28 с.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ГРУНТОВ ПРИКОНТУРНЫХ ЗОН ХРАНИЛИЩ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ТИПА

Линецкий Е.С.

Научно-производственный комплекс – Сергиево-Посадский филиал ФГУП «РАДОН»
(НПК – СПФ ФГУП «РАДОН») г. Москва, Россия

e-mail: ESLinetsky@radon.ru

Аннотация:

в докладе рассмотрен опыт ФГУП «РАДОН» по применению метода обеспечения экологической безопасности хранилищ приповерхностного типа, основанного на технологии модификации грунтов приконтурных зон хранилищ. В основе технологии модификации – нагнетание под давлением через систему технологических скважин в породы приконтурной зоны модифицирующего раствора. Этот раствор, проникая в породы, взаимодействует с ними и обеспечивает снижение их коэффициента фильтрации, что позволяет создать в грунтах приконтурных зон хранилищ практически водонепроницаемые инженерные барьеры любой конфигурации, обеспечивающие при расположении скважин по контуру участков загрязнения возможность локализовать радионуклиды в границах существующих ореолов загрязнения. В докладе представлена технология процесса модификации грунтов и результаты опытно-промышленных работ по сооружению двух инженерных барьеров безопасности с использованием технологических растворов модификаторов LBS и Акрилан 103.

Ключевые слова:

модификация грунтов, хранилища приповерхностного типа, технологические скважины, модифицирующий раствор, коэффициент фильтрации.

На территории ПХРО НПК — СПФ ФГУП «РАДОН» эксплуатируются хранилища приповерхностного типа, в которых размещены значительные объемы твердых радиоактивных отходов среднего и низкого уровня активности. Конструктивно данные хранилища выполнены в виде емкостей из сборного железобетона, полностью или частично заглубленных в породный массив. Анализ результатов исследований фильтрационных свойств геологического массива ПХРО показывает, что по фильтрационным свойствам в геологическом массиве можно выделить два типа грунтов: грунты приконтурной зоны хранилищ и вмещающие грунты. Грунты приконтурной зоны - это массив грунтов обратной засыпки, расположенный между стенами хранилища и стенами котлована, который сооружается при строительстве хранилища. Эти грунты обладают относительно высоким коэффициентом фильтрации, в то время как коэффициент фильтрации ненарушенного суглинистого грунта, которым представлены грунты вмещающего геологического массива, на 2-3 порядка ниже.

Состояние грунтов и грунтовых вод приконтурной зоны контролируется системой контрольно-наблюдательных скважин, позволяющих оценивать радиационную обстановку в реальном времени. При изменении радиационной обстановки требуется оперативное вмешательство с целью предотвращения распространения загрязнений в грунтах приконтурной зоны. Данная задача может быть решена путем сооружения дополнительных защитных инженерных барьеров на пути распространения загрязнений. При этом, учитывая оперативный характер вмешательства, технология их сооружения должна быть относительно простой, мобильной и производиться имеющимися техническими средствами. Анализ современных технологий сооружения подобных инженерных барьеров показал, что данным требованиям наиболее полно соответствует технология модификации грунтов приконтурных зон хранилищ, разработанная на НПК — СПФ ФГУП «РАДОН» [1, 2].

В основе технологии модификации – нагнетание под давлением через систему технологических скважин в породы приконтурной зоны модифицирующего раствора, в качестве которого используются растворы полимерных дисперсий. Данная технология не требует разрушения массива грунтов, применения тяжелой техники и может производиться имеющимися техническими средствами. В процессе нагнетания за счет избыточного давления, создаваемого насосом, технологический раствор проникает в поры грунта. Снижение коэффициента фильтрации грунта происходит за счет определенных физико-химических процессов между раствором и грунтом. Таким образом, вокруг скважины создается объем грунта с пониженными фильтрационными свойствами высотой, равной глубине скважины, и радиусом, равным радиусу зоны снижения коэффициента фильтрации грунта. Величина



радиуса зоны снижения коэффициента фильтрации грунта зависит от вида модификатора и его концентрации в технологическом растворе. Определение величины радиуса зоны снижения коэффициента фильтрации грунта при оптимальной концентрации модификатора в технологическом растворе, а также предварительная оценка эффективности действия модификатора производятся в ходе лабораторных работ на физической модели процесса модификации грунтов. Линейное расположение скважин на расстоянии, составляющем не более двух радиусов зоны снижения коэффициента фильтрации, дает возможность создать в грунте приконтурной зоны хранилища практически водонепроницаемый инженерный барьер любой конфигурации позволяющий при расположении скважин по контуру участка загрязнения локализовать радионуклиды в границах существующих ореолов загрязнения.

На НПК — СПФ ФГУП «РАДОН» производились опытно-промышленные работы по сооружению двух инженерных барьеров безопасности путем модификации грунтов приконтурной зоны одного из хранилищ РАО. В процессе модификации грунтов использовались технологические растворы полимерных дисперсий LBS (США) и Акрилан 103 (Россия). Определение коэффициента фильтрации грунтов сооружаемых инженерных барьеров безопасности осуществлялось методом экспресс-наливов в технологические скважины и проводилось в два этапа: в исходном состоянии (до нагнетания модифицирующего раствора в скважины) и после нагнетания модифицирующего раствора. Экспресс-наливы производились по методике Р.М. Шестакова [3]. Результаты опытно-промышленных работ, выполненных с использованием технологических растворов модификаторов LBS и Акрилан 103, показывают, что степень снижения коэффициентов фильтрации грунтов сооруженных инженерных барьеров составила соответственно 264 и 226. При этом коэффициент фильтрации грунтов сооруженных барьеров был снижен до значений $5,80 \cdot 10^{-5}$ и $1,23 \cdot 10^{-4}$ м/сут, что соответствует коэффициенту фильтрации грунтов вмещающего геологического массива. Расположение данных инженерных барьеров безопасности по контуру зон загрязнения позволило локализовать радионуклиды в границах существующих ореолов загрязнения.

Полученные результаты внедрения разработанной технологии в производство показывают, что технология сооружения инженерных барьеров безопасности, осуществляемая путем модификации грунтов, может успешно применяться для локализации отдельных участков, загрязненных радионуклидами.

Список литературы

1. Ванина Е.А. Ильев А.А. Титков В.И., Хрипач И.В. Линецкий Е.С. Анализ опыта применения технологии модификации грунтов приконтурных зон хранилищ приповерхностного типа // *Радиоактивные отходы*. 2023. № 1 (22), С. 38-44.
2. Ильев А.А. Модификация грунтов приконтурной зоны хранилищ приповерхностного типа // *Труды Первой научно-практической конференции «Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров» ФГУП «РАДОН», г. Сергиев Посад, 24-26 апреля 2019 г.* / Под общей редакцией профессора Е.А. Ваниной — Сергиев Посад: Изд-во ООО «Все для вас Подмосковье», 2019. С. 64-70.
3. *Опытно-фильтрационные работы.* / Под редакцией Р.М. Шестакова, Д.Н. Башкатова. — М. : «Недра», 1974. 204 с.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ

Муратов О.Э.

Общественный совет Госкорпорации «Росатом», Москва

e-mail: muratov.box@mail.ru

Аннотация:

С началом создания ядерные технологии развивались в режиме незавершенных циклов по радиоактивным отходам, отработавшему топливу и выводу из эксплуатации ядерных и радиационных объектов. Их проектные решения были ориентированы только на длительное хранение РАО и ОЯТ и не предусматривали решений по выводу из эксплуатации. Решение накопленных проблем началось с принятием Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г.», в результате которой были реализованы приоритетные проекты по ВЭ объектов наследия. Завершение создания инфраструктуры по обращению с ОЯТ и РАО и перевод объектов наследия в ядерно- и радиационно-безопасное состояние будет выполнено по Федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 гг. и на период до 2030 г.

Ключевые слова:

радиоактивные отходы, пункты хранения, отработавшее ядерное топливо, переработка, окончательная изоляция, барьеры безопасности

В настоящее время понятие «ядерное наследие» законодательно не определено ни в одной стране. К ядерному наследию относятся объекты использования атомной энергии (ОИАЭ) в мирных и оборонных целях, которые были созданы до установления современных требований к обеспечению ядерной и радиационной безопасности, а также территории, загрязненные вследствие предшествовавшей деятельности и добычи урана. Указанные объекты эксплуатировались государственными предприятиями и практически никогда не использовались в коммерческих целях, а их эксплуатация по функциональному назначению не осуществляется и в дальнейшем не планируется.

К объектам ядерного наследия относятся:

- Пункты хранения РАО
- Поверхностные водоемы-хранилища жидких РАО
- Хвостохранилища
- Исследовательские реакторы

С началом своего развития ядерный оружейный комплекс и мирная атомная энергетика развивались в режиме незавершенных жизненных циклов по радиоактивным отходам (РАО), отработавшему ядерному топливу (ОЯТ) и выводу из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов (ВЭ ЯРОО). Проектные решения ядерно- и радиационно-опасных производств были ориентированы только на длительное хранение РАО и ОЯТ, при их проектировании и строительстве не предусматривались технические решения по выводу из эксплуатации, а пункты хранения РАО создавались с учетом специфики работы предприятий и используемых технологий.

Даже когда ядерные и радиационные технологии получили широкое распространение, проблемы РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО основывались на отложенных решениях, а признание необходимости урегулирования проблем ядерного наследия во всем мире и принятие программ по РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО появились только в начале XXI века. Сложность решения вопросов ядерного наследия заключается, во-первых, что это достаточно большие масштабы и, во-вторых, что это очень разные объекты, для которых не подходят типовые решения.

В результате отложенных решений к началу 2000-х годов в России в 40 субъектах оказалось около 2000 объектов наследия. Остановлено, но не выведено из эксплуатации, 350 ЯРОО, во временных хранилищах накоплено 18,5 тыс. т ОЯТ, более 500 млн м³ РАО размещены в 1466 временных пунктах хранения более 50 различных типов в 43 регионах, причем, основная масса ЖРО размещена в открытых водоемах-хранилищах.

Для практического решения накопленных проблем по обращению с РАО и ОЯТ, ВЭ ЯРОО с обеспечением финансирования в 2007 г. была принята Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ-1). Целью программы были реализация 42 приоритетных проектов по ВЭ остановленных объектов, приведение объектов наследия в стабильное

контролируемое состояние, развитие нормативной базы и создание инфраструктуры для обеспечения радиационной безопасности при обращении с РАО.

Одной из важнейших задач ФЦП ЯРБ-1 было принятие Закона об обращении с РАО (Закон от 11.07.2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»), установившего обязательное захоронение РАО и ответственность их владельцев на всех стадиях обращения с РАО.

Наиболее значимыми результатами выполнения задач ФЦП ЯРБ-1 являются:

- Создание централизованного сухого хранилища ОЯТ реакторов РБМК-1000 на ФГУП ГХК, что обеспечило разгрузку пристанционных хранилищ на Ленинградской, Курской и Смоленской АЭС, заполненных на более 90 %;
- Создание пилотного пункта приповерхностного захоронения (ППЗРО) для РАО классов 3 и 4 в Новоуральске объемом 14 979 м³, где размещались отходы из хранилищ УЭХК, Свердловского, Московского и Ленинградского отделений ФГУП «РАДОН»;
- Вывод из эксплуатации двухцелевого реактора ЭИ-2 в Северске, в результате объект имеет статус «Пункт консервации особых РАО»;
- Выполнены работы по консервации открытых водоемов хранилищ ЖРО (озеро «Карачай», бассейны Б-2 на СХК и 354 на ГХК).

Реализация ФЦП ЯРБ-1 решила самые острые проблемы, уточнила основные характеристики объектов ядерного наследия и получила оценки продолжительности и объема требуемых работ. Окончательное решение проблем ядерного наследия включает ВЭ ЯРОО, переработку всего федерального ОЯТ с захоронением образующихся РАО, переработку и захоронение накопленных удаляемых РАО, консервацию пунктов размещения особых РАО и реабилитацию радиационно-загрязненных территорий.

Следующим этапом решений проблем ядерного наследия является Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года», продленная до 2035 г. (ФЦП ЯРБ-2).

Основными целями ФЦП ЯРБ-2 являются:

- Перевод объектов ядерного наследия в безопасное состояние с их последующей ликвидацией;
- Создание объектов инфраструктуры, включая мощности по переработке и окончательной изоляции накопленных ОЯТ и РАО.

В рамках ФЦП ЯРБ-2 разработаны опытно-промышленные технологии обращения с ОЯТ, РАО и ВЭ ЯРОО, позволяющие решить накопленные проблемы. В 2025 г. введен в эксплуатацию опытно-демонстрационный центр по переработке ОЯТ реакторов ВВЭР-1000 производительностью 250 т/год. Первые работы по переработке ОЯТ начнутся в 2026 г.

В Новоуральске введена в эксплуатацию II очередь ППЗРО емкостью 39 тыс. м³ и ведется строительство ППЗРО в Озерске и Северске емкостью 225 и 143 тыс. м³ соответственно, первые очереди которых будут введены в эксплуатацию в 2026 г.

Начаты работы по сооружению и научному сопровождению подземной исследовательской лаборатории в Красноярском крае для основания создания пункта глубинного захоронения РАО классов 1 и 2.

В заключении следует отметить, что масштабные работы по ликвидации объектов ядерного наследия начались в 2007 г. с принятием ФЦП ЯРБ-1, в результате выполнения которой были решены наиболее острые проблемы. Результатом выполнения ФЦП ЯРБ-2 будут практически решены проблемы, связанные с прошлой деятельностью. К настоящему времени в результате уже выполненных мероприятий переработано 696 т ОЯТ, выведено из эксплуатации 48 ЯРОО, захоронено 30 тыс. м³ РАО и реабилитировано 553 тыс. м³ загрязненных территорий.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАВЛЕНУЮ КЕРАМИКУ СО СТРУКТУРОЙ МУРАТАИТА

Романова О.В., Безднякова Е.А., Томилин С.В., Погляд С.С.

Акционерное общество «Государственный научный центр-Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Россия

e-mail: romanova.oolya@yandex.ru

Аннотация: В докладе представлена возможность замещения части шихты керамической матрицы со структурой муратаита конструкционными материалами, воспроизводящими оболочки твэлов. Такой подход открывает возможность совместной иммобилизации ВАО от переработки ОЯТ и остатков оболочек твэлов без снижения степени включения.

Ключевые слова: иммобилизация радиоактивных отходов, совместная иммобилизация, керамическая матрица, керамика с муратаитовой структурой, управление оболочками топливных стержней, загрузка отходов.

Значительные усилия исследователей различных стран сконцентрированы [1] на иммобилизации отходов радиохимической технологии переработки ОЯТ, при этом обращению с нетехнологическими и побочными РАО уделяется значительно меньше внимания. К радиоактивным отходам, помимо компонентов ОЯТ, относятся металлические РАО, в том числе оболочки твэлов, выполненные из труднорастворимых сплавов, которые в процессе функционирования приобрели наведенную радиоактивность. При этом они не являются конечной формой РАО, пригодной для захоронения. Более того, оболочки из циркониевых сплавов требуют специальных условий хранения, препятствующих возгоранию.

Ранее в АО «ГНЦ НИИАР» были проведены исследования [2] плавленной керамики со структурой муратаита для использования в качестве альтернативы остекловыванию ВАО от переработки ОЯТ. Уникальная микроструктура муратаита, образующаяся естественным путем в ходе застывания, позволяет надежно изолировать актиниды и редкоземельные элементы от окружающей среды. Получение образцов кристаллизацией из расплава приводит к зональному строению зерен муратаита с разнородностью 5С в центре, а по краям – 8С и 3С. От центра к периферии зерен содержание актинидов, РЗЭ и циркония снижается, а концентрации титана, железа и алюминия возрастают, что препятствует выщелачиванию актинидов из матрицы [3].

Отдельно следует отметить низкую способность муратаита к удержанию цезия – однако современные технологии переработки ОЯТ базируются на идее отделения топлива до переработки высокотемпературными методами [4].

Природный муратаит содержит в своем составе железо и цирконий – это привело к гипотезе о возможности включения конструкционных материалов, стали ЭП823 и циркониевых оболочек, в синтетический муратаит с заменой части шихты данными материалами. При этом содержащиеся на поверхности конструкционных материалов остатки продуктов ОЯТ, в том числе актиниды, будут аккумулированы в пирохлоре либо кричтоните, которые являются ядром муратаитовой матрицы.

Одной из технологий отделения оболочек от топлива является их растворение в расплаве цинка [5]. В случае отклонений в процессе отгонки цинка, в конечных остатках конструкционных материалов может содержаться более 10% цинка.

Были проведены эксперименты по замене входящего в состав муратаита Fe_2O_3 на порошок стали ЭП823 (до 15 % масс.), с повышенным содержанием цинка (23,2% масс.). Эксперимент проводили в электрической печи Джоулева нагрева при температуре 1350°C, с выдержкой 1 час.

По результатам рентгенофазового анализа наиболее полное совпадение экспериментальных данных с данными рентгенографической базы JCPDS наблюдается для кубической муратаитовой фазы состава $Ca_{2,5}Mn_2Ce_{0,5}Ti_7,5Zr_0,5FeAlO_{24,5}$. В области основного пика муратаитовых фаз $2\theta = 31-32^\circ$ наблюдаются два рентгеновских отражения с межплоскостным расстоянием d от 2,88Å до 2,80Å, которые могут свидетельствовать о присутствии муратаитовых фаз с семи-, пяти- и трехкратной повторяемостью флюоритовой ячейки. Так же присутствуют примеси гексагонального ZnO и гексагонального кричтонита $CaTi_2O_3$.

По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что неполная отгонка цинка не оказывает влияния на формирование структуры муратаита и не влияет на изоляционные свойства матрицы.

Эксперимент по проверке возможности замещения части шихты муратаита окисленными циркониевыми оболочками показал, что при температуре 1350°C, в воздушной атмосфере, с выдержкой 1 час не произошло полного плавления шихты и конструкционных материалов. Возможно, это может быть связано с недостаточным количеством кислорода для полного окисления остатков оболочек.

Подтверждена возможность замещения части компонентов шихты муратаита фракцией отходов конструкционных материалов – оболочками твэлов – после предварительной обработки. Требуется проведение дополнительного исследования процесса окисления циркониевых оболочек и их использование в качестве компонентов шихты, заменив ZrO₂ входящего в состав муратаита. Результаты рентгенофазового анализа показали возможность замещения части шихты фракцией конструкционных материалов без снижения доли включенных в матрицу ВАО от переработки ОЯТ. Комбинирование в одной матрице двух типов РАО положительно скажется на экономической эффективности обращения с ними.

Список литературы

1. Ryosuke Maki. «Structural Analysis and Electrical Properties of Synthetic Murataite Series» // University of Tsukuba, 2017. P. 124.
2. Poglyad S.S., Pryzhevskaya E.A., Lizin A.A. et al. On possibility of the murataite fusion temperature lowering for radioactive waste immobilization // Journal of physics: conference series, 2018. V. 1133. DOI: 10.1088/1742-6596/1133/1/012019
3. Синтетические «муратаиты» как модулярные члены полисоматической серии пироклор—муратаит / В.С. Урусов, Н.И. Органова, О.В. Каримова и др. — Доклады академии наук, 2005. Т. 401, № 2. С. 226–232.
4. Модификация процесса выделения цезия из продукта высокотемпературной обработки ОЯТ с триоксидом молибдена / В.А. Болдаков, С.С. Погляд, А.С. Корнилов, В.Н. Момотов, Н.О. Позигун, А.А. Тельнова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2024. Т. 65. № 5
5. Результаты экспериментальной проверки модернизированной технологии снятия оболочки твэла жидким цинком/ Погляд С.С., Осипенко А.Г., Макаров А.О., Половов И.Б., Мухамадеев А.С., Петров А.И., Фофанов Г.Л. Радиохимия-2022. X Российская конференция с международным участием. Москва, 2022. С. 303.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ ФТОРИДНЫХ ОСТАТКОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ТОПЛИВНЫХ СОЛЕЙ В АЛЮМОФОСФАТНЫЕ СТЕКЛА

Романова О.В., Капралов Д.А., Васюнина Е.В., Лизин А.А.

Акционерное общество «Государственный научный центр Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР»), г. Димитровград, Россия

e-mail: romanova.oolya@yandex.ru

Аннотация: В данной работе представлены результаты возможности иммобилизации фторидных остатков регенерации топливных солей жидкосолевого реактора в алюмофосфатные стекла. Получены образцы алюмофосфатного стекла с добавлением FLiNaK, изучена их механическая прочность и химическая устойчивость.

Ключевые слова: захоронение радиоактивных отходов (РАО), алюмофосфатное стекло, стеклоподобный компаунд, топливная соль, жидкосолевого реактор

Создание жидкосолевого реактора-сжигателя минорных актинидов на расплавленных солях фторидов на основе FLiBe или FLiNaK позволит решить проблему накопления минорных актинидов при переработке ОЯТ. Работа ЖСР-сжигателя требует периодической регенерации топливной соли с целью удаления из неё продуктов деления и примесей конструкционных материалов контура. Наиболее перспективным методом регенерации топливной соли, учитывая малое время её выдержки и сильное радиационно-химическое воздействие следует рассматривать восстановительную экстракцию в системах «расплавленная соль-жидкий металл» [1]. При регенерации топливных солей [2] образуются коррозионно-активные и хорошо растворимые в воде остатки фторидных солей, концентрирующие в себе продукты деления и требующие разработки способов безопасного и эффективного обращения с ними.

Изготовили образцы алюмофосфатного стекла следующего состава: NaPO₃ (70-87% масс.), Al₂O₃ (5-10% масс.), Fe₂O₃ (5-10% масс.), с добавлением топливной соли FLiNaK 10%масс, содержащей имитаторы продуктов деления Cs, Sr, Ce, Nd.

Рентгенофазовый анализ проводили методом рентгеновской дифракции с ионизационной регистрацией дифракционной картины на дифрактометре ДРОН-8Н (медное излучение с Ni-фильтром), с алмазным стандартом. Механическую прочность образца исследовали с помощью пресса гидравлического малого ПГ-100М. Химический анализ проб проводили методом дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии на установке, включающей спектрометры СТЭ-1 с фотодиодной линейкой многоканального анализатора эмиссионных спектров.

По результатам рентгенофазового анализа были получены аморфные образцы с содержанием имитатора отходной соли FLiNaK 10%, добавление имитаторов продуктов деления, таких как Cs, Sr, Ce, Nd не оказало влияние на аморфность получаемого стекла. В результате испытаний образцов на механическую прочность было получено среднее значение прочности на сжатие равное $7,8 \cdot 10^7$ Па, которое соответствует НП-019-15 для стеклоподобного компаунда [3].

Химическую устойчивость определяли по ГОСТ Р 52126–2003 при комнатной температуре в дистиллированной воде. Пробы отбирали на 1, 3, 7, 14, 21, 28 сутки от начала эксперимента. Полученные результаты концентраций катионов использовали для расчета скорости выщелачивания, результаты которых приведены в таблице 1.

Элемент Сутки	Cs	Sr	Ce	K	Li	Na
1	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
3	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$4,9 \cdot 10^{-5}$
7	$6,7 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$
10	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$
14	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-5}$
21	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$
28	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^{-5}$

По результатам химического анализа для радионуклидов Cs и Sr скорость выщелачивания составляет не более $4,3 \cdot 10^{-6}$ г/см²·сут. и $1,4 \cdot 10^{-5}$ г/см²·сут, соответственно. Скорость выщелачивания стронция на порядок выше значения, установленного в НП-019-15 [3]. После проведения теста на химическую устойчивость в течении 28 суток потеря массы составила 0,3 %.

Дальнейшие исследования алюмофосфатных стекол с фторидными остатками должны быть направлены на оптимизацию составов для повышения химической устойчивости и изучения радиационной устойчивости.

Список литературы

1. Moriyama H. et al. Reductive extraction of lanthanide and actinide elements from molten LiF-BeF₂ salt into liquid bismuth // J. Nucl. Sci. Technol., 1984, v.21(12), pp.949-958
2. Р. Я Закиров, В. В. Игнатьев Топливный цикл ЖСР-сжигателя трансурановых элементов на основе расплава LiF-BeF₂ // Вопросы атомной науки и техники. Серия Физика ядерных реакторов .2022, вып. 2. С. 38-47.
3. НП-019-15 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. МОСКВЫ

Светличный Ю.А.^{1,2,3}, Гордеев С.К.¹, Лащенова Т.Н.^{2,3}

¹ ФГУП «РАДОН» (Предприятие ГК «Росатом»), г. Москва, Россия

info@radon.ru

² ФГБУ МБУ ИНО ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

³ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва

tlaschenova@yandex.ru

Аннотация:

Большой вклад в формирование дозы внутреннего облучения человека вносят радионуклиды, которые поступают в организм ингаляционным путем с аэрозолями приземного слоя атмосферного воздуха. Глубина проникновения напрямую зависит от дисперсного состава радиоактивных аэрозолей, находящихся в зоне дыхания человека. Для оценки радиационного воздействия радиоактивных аэрозолей на человека необходимо знать такие радиационные характеристики, как объемная активность, коэффициент ресуспензии и дисперсный состав радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферного воздуха. В работе приводятся характеристика радиоактивных аэрозолей на территории г. Москвы за 2024 год.

Ключевые слова:

объемная активность, дисперсный состав, коэффициент ресуспензии, радиоактивные аэрозоли, радиационная безопасность, радиэкологический мониторинг.

Большой вклад в формирование дозы внутреннего облучения человека вносят радионуклиды, которые поступают в организм ингаляционным путем с аэрозолями атмосферного воздуха. Глубина проникновения радионуклидов в легкие напрямую зависит от размера аэрозольных частиц и скорости их движения в легких [1]. Для полноценной оценки доз внутреннего облучения населения необходимо контролировать характеристики радиоактивных аэрозолей, это является важной и актуальной задачей обеспечения радиационной безопасности населения.

Целью данной работы является определение характеристик радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха г. Москвы.

Материалы и методы. Все работы проводятся в аттестованной лаборатории, работающей в системе менеджмента качества. Действующий аттестат аккредитации RA.RU.21PK03. Отбор проб и измерения проводят по аттестованным методикам.

Аэрозоли приземного слоя атмосферного воздуха отбирают на воздухо-фильтрующих установках УВФ-1. Производительность ВФУ - 1000 м³/ч. Период экспозиции — 7 суток, при этом объем прокаченного воздуха через фильтры будет составлять примерно 1,7*10⁵ м³. В качестве фильтрующего материала используют фильтры Петрянова ФПП-15-1,5. Отбор проб атмосферных выпадений осуществляют с использованием высокооборотных кювет. Для оценки коэффициента ресуспензии, осуществляют отбор проб поверхностного слоя проб грунта глубиной 5 см.

Измерение удельной активности гамма-излучающих радионуклидов проводят на многоканальном гамма-спектрометре CANBERRA, с использованием полупроводникового ОЧГ детектора GC10021. Измерение суммарной удельной активности α - и β - излучающих радионуклидов проводят на α -, β -радиометре с высокочувствительным 10 канальным счетчиком LB-770.

Результаты исследования. Радиационно-экологический мониторинг на территории города Москвы ФГУП «РАДОН» проводит на постоянной основе по соглашению с Департаментом жилищно-коммунального хозяйства города Москвы. Контроль аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха осуществляется на 8 стационарных постах радиационного контроля (СПРК), расположенных в разных зонах в шести административных округах. Контролируемыми параметрами на СПРК являются: объемная активность радионуклидов в аэрозолях приземного слоя воздуха, плотность атмосферных выпадений и МЭД ГИ.

Результаты исследования удельной активности природных и техногенных радионуклидов показали, что они не превышают контрольных уровней [3], находятся существенно ниже нормируемых значений, в пределах средних значений многолетних наблюдений, характерных для города Москвы.



На основе средних значений удельной активности рассчитали коэффициент ресуспензии, который характеризует вторичный пылевой подъем, как отношение концентрации радионуклида в воздухе к плотности загрязнения поверхности почвы по формуле 1:

$$K_r = \frac{A_v}{A_s} (1)$$

Где: A_v – объемная активность радионуклидов в воздухе, Бк/м³;

A_s – плотность поверхностного радиоактивного загрязнения, Бк/м².

Размеры аэрозольных частиц рассчитывались на основе закона Стокса. Для оценки скорости седиментации выделили пробы со статистически значимыми значениями, которые были выше минимальной детектируемой активности. Оценочные размеры аэрозольных частиц рассчитывались по следующей формуле 2:

$$d = \sqrt{18 \times \eta \frac{v}{\rho \times g}} (2)$$

Где: v – конечная скорость падения аэрозольной частицы, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

d – диаметр шара, м;

η – динамическая вязкость воздуха, Па · с;

ρ – плотность аэрозольной частицы, кг/м³.

Средние значения объемной активности радионуклидов в аэрозолях приземного слоя атмосферного воздуха за 2024 году на территории города Москвы представлены в таблице.

Таблица – Характеризация аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха на территории г. Москвы

Радионуклид	Параметры распределения						ДОО _{нас} *[2]	КУ	Кг
	СА	СГ	СО	Мин	Макс	Ме			
	Бк/м ³								м ¹
$\Sigma\alpha$	5,8·10 ⁻⁶	5,1·10 ⁻⁶	3,3·10 ⁻⁶	<2,8·10 ⁻⁶	3,7·10 ⁻⁵	5,2·10 ⁻⁶	-		-
$\Sigma\beta$	6,2·10 ⁻⁵	5,3·10 ⁻⁵	3,5·10 ⁻⁵	4,0·10 ⁻⁶	2,2·10 ⁻⁴	5,4·10 ⁻⁵	-		2,1·10 ⁻⁹
⁷ Be	2,4·10 ⁻³	1,8·10 ⁻³	8,1·10 ⁻⁴	3,4·10 ⁻⁵	5,4·10 ⁻³	1,9·10 ⁻³	2,0·10 ³		-
²² Na	2,6·10 ⁻⁷	2,5·10 ⁻⁷	1,5·10 ⁻⁷	5,7·10 ⁻⁸	4,3·10 ⁻⁷	2,8·10 ⁻⁷	7,2·10 ¹		-
⁴⁰ K	1,2·10 ⁻⁵	8,5·10 ⁻⁶	1,1·10 ⁻⁵	1,9·10 ⁻⁶	6,5·10 ⁻⁵	8,3·10 ⁻⁶	3,1·10 ¹		-
²²⁶ Ra	1,1·10 ⁻⁶	8,9·10 ⁻⁷	9,8·10 ⁻⁷	2,9·10 ⁻⁷	6,8·10 ⁻⁶	7,9·10 ⁻⁷	3,0·10 ⁻²		-
²³² Th	7,6·10 ⁻⁷	6,1·10 ⁻⁷	7,1·10 ⁻⁷	1,9·10 ⁻⁷	5,4·10 ⁻⁶	5,8·10 ⁻⁷	4,9·10 ⁻³		-
¹³¹ I	<5,1·10 ⁻⁶	3,1·10 ⁻⁶	1,9·10 ⁻⁶	<3,6·10 ⁻⁷	6,3·10 ⁻⁵	3,9·10 ⁻⁶	7,3		-
⁹⁰ Sr	3,3·10 ⁻⁷	2,9·10 ⁻⁷	8,7·10 ⁻⁸	2,1·10 ⁻⁷	4,7·10 ⁻⁷	2,9·10 ⁻⁷	2,7		5,2·10 ⁻¹⁰
¹³⁷ Cs	4,1·10 ⁻⁷	3,6·10 ⁻⁷	2,2·10 ⁻⁷	1,1·10 ⁻⁷	1,4·10 ⁻⁶	3,4·10 ⁻⁷	2,7·10 ¹		1,4·10 ⁻⁹
^{239, 240} Pu	1,3·10 ⁻⁷	4,1·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻⁸	2,8·10 ⁻⁷	3,6·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻³	-	7,6·10 ⁻¹⁰

СА – среднее арифметическое, СГ – среднее геометрическое, СО – стандартное отклонение, Ме – медиана, КУ - контрольные уровни, Кг - коэффициент ресуспензии

Оценочные значения размеров аэрозольных частиц находились в диапазоне от 0,07 до 1,52 мкм при среднем арифметическом значении 0,38 мкм. Значение АМАД составило – 0,35 мкм. При таком значении диаметра аэрозольных частиц они гарантировано попадут в легочный тракт. Наибольшая активность фиксируется на частицах диаметра от 0,2 до 0,3 мкм, которые в 80% случаев будут покидать легочный тракт с выдыхаемым воздухом. Такая активность, которая приведена в таблице, с учетом глубины проникновения частиц в легочный тракт не несет угрозы жизни и здоровью населения.

Расчет коэффициента ресуспензии показал, что вероятность увеличения объемной активности техногенных радионуклидов в воздухе в результате вторичного пылевого подъема отсутствует.

В работе определили основные характеристики радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха г. Москвы, влияющие на здоровье населения, которые показывают, что на территории г. Москвы в 2024 году была благоприятная радиационная обстановка.

Список литературы

1. ICRP Publication 66 /International Commission on Radio-logical Protection, 1994. – 492 с..
2. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2010 № 47:. – М.: Роспотребнадзор. – 2009 г.
3. Контрольные уровни обеспечения радиоэкологической безопасности г. Москвы, М. – 2008. - С. 18.

ОКАЗАНИЕ УСЛУГ ФИЛИАЛОМ «СТО» ФГУП «РАДОН» ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ АО «АЭХК»

Герасименко А.С., Черных С.В., Черняго Б.П.

Филиал «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РАДОН», г. Иркутск, Россия

e-mail: sibto@radon.ru

Аннотация: В докладе описаны работы филиала «СТО» ФГУП «РАДОН» на объектах использования атомной энергии АО «Ангарский ЭХК» для подготовки их к выводу из эксплуатации.

Ключевые слова: объекты использования атомной энергии, вывод из эксплуатации, радиоактивные отходы, обращение с радиоактивными отходами.

Несмотря на относительно близкое сосуществование в одном регионе двух федеральных радиационно опасных объектов — Пункт хранения радиоактивных отходов (ПХРО) спецкомбината «Радон» (с 1962г.) и промплощадки Ангарского электролизного химического комбината «АЭХК» (с 1954г.), взаимодействие между предприятиями в области использования атомной энергии при реализации проектов и выполнении работ по выводу из эксплуатации объектов атомной отрасли и обращению с образующимися радиоактивными отходами началось только с 2012 года, когда впервые состоялась рабочая встреча руководства ФГУП «РосРАО» и ОАО «АЭХК», по результатам которой был подписан меморандум между ДЯРБ Госкорпорации «Росатом» и ОАО «ТВЭЛ» Госкорпорации «Росатом».

В этом же году на ПХРО была принята от «АЭХК» на временное хранение первая партия радиоактивных отходов в виде загрязнённого ураном металлургического шлака.

Состоялись несколько рабочих визитов руководства обеих организаций на промплощадки друг друга, и в последующие годы взаимодействие между предприятиями вылилось в плодотворное сотрудничество с качественным, без нареканий, выполнением работ и оказанием услуг по обращению с радиоактивными отходами (РАО), в том числе при их транспортировании, и при подготовке к выводу из эксплуатации объектов «АЭХК». Аналогично развивались рабочие взаимоотношения между Новосибирским отделением филиала «ФГУП «РосРАО» (ФГУП «Радон») и ПАО «НЗХК» (другим предприятием АО «ТВЭЛ») в Новосибирской области.

Филиал «Сибирский территориальный округ» выполнял работы на следующих объектах.

Газоходы центральной системы газоочистки сублиматного производства АО «АЭХК» (очистка и сбор радиоактивных отложений в подземных газоходах)

Работы по договору с АО «АЭХК» на оказание услуг по очистке газоходов ЦСГ СП, март 2016 - март 2017г. Основной целью работ являлась подготовка в соответствии с требованиями НП-057-04 подземных газоходов I, II, III и IV ЦСГ СП к выводу из эксплуатации, т.е. очистка газоходов и извлечение из них отложений с передачей Заказчику - АО «АЭХК».

Газоходы являются частью централизованной системы газоочистки, предназначенной для эвакуации и последующей очистки вентиляционного воздуха из производственных помещений Химического завода от фтористых соединений урана.

Задача – завершить работы досрочно, до 31 декабря 2016г. Последний очищенный газоход №4 ЦСГ сдан заказчику в октябре, акт выполненных работ подписан 28 октября. Всего за 5 мес. собрано и сдано заказчику более 2 100 бочек с уран-содержащими отложениями.

Хранилища радиоактивных отходов — сооружения №310 (10 шт.) АО «АЭХК» (работы по вскрытию хранилищ, извлечению и транспортировке РАО)

Выполнить в полном объеме и в установленные сроки работу «Подготовительные мероприятия (этап 2021-2022 гг.) к выводу из эксплуатации сооружений 310 акционерного общества «Ангарский электролизный химический комбинат» (г. Ангарск, Иркутская область) в обеспечение мероприятия «Вывод из эксплуатации сооружений 310



акционерного общества «Ангарский электролизный химический комбинат» (г. Ангарск, Иркутская область)».

Работы по договорам с АО «Ангарский электролизный химический комбинат» на оказание услуг по извлечению РАО из сооружений №310 (10 хранилищ РАО) АО «АЭХК»

Этапы работ – 2021–2022 гг., 2024–2025 гг.

На промплощадке «АЭХК в среднем было задействовано 14 человек ПХРО и ЛРК, 15 единиц техники.

Общий объем земляных работ по откопке хранилищ — более 100 тыс. тонн грунта.

На первом этапе (2021-2022гг.) откопаны и вскрыты 4 хранилища РАО (В-1, В-2, Б-2, Б-3). Из хранилищ извлечено, отсортировано и упаковано около 2 тыс. тонн РАО.

На втором этапе (2024г., работы 2025г. не завершены) вскрыты оставшиеся хранилища (Б4, Б5, А1, А2, Г и Б1). Извлечено и передано заказчику более 200 тонн РАО.

Кондиционированные РАО 3-го и 4-го классов должны быть перевезены в ППЗРО «НО РАО».

Транспортирование РАО, образованных при ВЭ объектов «АЭХК», до ППЗРО «НО РАО»

Филиал «Сибирский территориальный округ», имея лицензию на транспортирование радиоактивных отходов, оказывает АО «АЭХК» экспедиторские услуги по перевозке кондиционированных РАО 3-го и 4-го классов, образованных при эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов «АЭХК», с целью их конечной изоляции в приповерхностном пункте захоронения ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО»). Начиная с 2022 года по н.в., спецавтотранспортом филиала перевезено из г. Ангарска до г. Новоуральск более 750 куб. м РАО.

Филиал имеет возможности, силы и средства и планирует далее принимать участие в проектах по обращению с радиоактивными отходами и выводу из эксплуатации объектов «АЭХК».

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА ИРКУТСКОЙ ПЛОЩАДКЕ ФИЛИАЛА «СИБИРСКИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОКРУГ» ФГУП «РАДОН»

Черняго Б.П.

Филиал «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РАДОН» г. Иркутск, Россия

e-mail: sibto@radon.ru; ВРeChernyago@radon.ru

Аннотация: В докладе приведены основные исторические этапы развития региональной системы сбора, переработки и хранения низкоактивных и среднеактивных радиоактивных отходов, выборе технологий обращения с радиоактивными отходами и распространением опыта на примере Иркутской производственной площадки филиала «СТО» ФГУП «РАДОН».

Ключевые слова: радиоактивные отходы, отработавшие источники ионизирующего излучения, хранилища радиоактивных отходов, обращение с радиоактивными отходами.

В докладе представлены этапы развития и состояния системы хранения и технологий обращения с радиоактивными отходами на Иркутской площадке филиала «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РАДОН», с учетом исторически значимых организационных решений на уровне государства, ведомства, предприятия и требований законодательства, норм и правил в области использования атомной энергии, важных для обеспечения безопасной эксплуатации пунктов хранения радиоактивных отходов.

Этап 1958-1986гг. (создание системы хранения РАО, образующихся в гражданских, не ядерных и не военных, отраслях народного хозяйства).

Строительство пунктов захоронения РАО (спецобъектов) в регионах по типовому проекту ТП-4891 1958 года, разработанному Минсредмашем. Начало строительства Иркутского спецобъекта «Б», первые сотрудники, принятые на работу, - 1962г.

Прием первых партий РАО на хранение от организаций региона — 1967 год.

Изначально технология обращения с РАО в региональных спецкомбинатах предполагала их сбор и захоронение в хранилищах приповерхностного типа т.н. «навалым» способом (твердые РАО, в т.ч. отработавшие радионуклидные источники, размещались в отсеках хранилищ и могильниках вместе с первичными упаковками), что не противоречило действующим санитарным правилам СП СУЗ РАО №477-64, НРБ-76, ОСП-72/80, СПОРО-85. Жидкие РАО от сторонних организаций в Иркутском пункте захоронения не принимались.

Сортировка твердых РАО практически не проводилась. Основная доля — до 95% объема — принимаемых от организаций народного хозяйства отходов составляли отработавшие радионуклидные источники в защитных блоках и других первичных упаковках и таре.

По мере заполнения отдельных отсеков приземных хранилищ предполагалась их консервация с послойной заливкой цементным раствором радиоактивных отходов, в последующем — и всего хранилища, как могильника РАО.

И это «историческое наследие» до сих пор не ликвидировано в полном объеме.

Однако, надежность долговременного хранения (захоронения) РАО гарантировалась выбором места размещения хранилищ за счет «удачной» геологии и системой инженерных барьеров, предотвращающих распространение радиоактивных веществ в окружающую среду. Результаты мониторинга окружающей среды и радиационного контроля на территории объекта (и через 60 лет эксплуатации пункта) подтверждают правильность проектных решений по обеспечению безопасного хранения РАО, принятых в 1960-х годах.

Этап 1987-1996гг. («послечернобыльский» период)

До 1990-х годов Иркутский спецкомбинат в основном принимал на хранение отработавшие радионуклидные источники. В связи с выявлением, ликвидацией радиоактивных аномалий и рекультивации загрязненных

радиоактивными веществами участками территорий в Восточно-сибирском регионе соотношение принимаемых на хранение РАО между твердыми РАО и отработавшими источниками существенно сместилось в сторону первых. Но и количество сдаваемых радионуклидных источников от эксплуатирующих организаций также увеличилось.

С 1990-х годов в региональных спецкомбинатах стало внедряться т.н. «адресное» долговременное хранение РАО, с применением методов сортировки, с учетом вида ионизирующего излучения, радионуклидного состава, периода распада. Пункт захоронения РАО был переименован в пункт хранения радиоактивных веществ (и таковым оставался до 2008 года).

В 1989 году на базе Иркутского спецкомбината образована региональная профессиональная АСС по ликвидации радиационных аварий. По результатам масштабных обследований и рекультивации загрязненных участков в регионе (Иркутская область, республика Бурятия, Читинская область) ликвидировано более 250 аномалий, удалено более 200 куб.м РАО.

Получили развитие инфраструктурные объекты и сооружения Пункта хранения.

Иркутский спецкомбинат одним из первых оформил эксплуатационную лицензию Атомнадзора.

Этап 1997-2008гг. (новые ФЗ, НП и СанПиН, международное сотрудничество).

На основе возрастающей потребности в хранилищах РАО, нарабатываемого спецкомбинатами опыта эксплуатации пунктов хранения, а также изменения нормативной базы в области использования атомной энергии и требований обеспечения радиационной безопасности, в Иркутском спецкомбинате, как и в других региональных предприятиях системы, появились новые хранилища РАО, новые технологические участки, оборудование и техника для обращения с РАО.

В 1998 году построено новое хранилище РАО по Проекту 416-9-3 ГСПИ от 1979 г., в состав которого входили приповерхностные отсеки для твердых РАО и емкости для бесконтейнерного хранения отработавших источников ионизирующего излучения. Практически над всеми эксплуатируемыми хранилищами были сооружены ангары типа Кузбасс или Канск, для защиты приземных хранилищ от атмосферных осадков и других неблагоприятных природных факторов.

В 1999 году введен в эксплуатацию участок по разрядке радиоизотопных приборов - «горячая камера». Началось заполнение хранилищ бесконтейнерного типа для отработавших радионуклидных источников, извлеченных из первичных упаковок, защитных блоков, приборов. Эффективность этого решения доказана почти 25-летней практикой, за счет разрядки ИИИ объем хранимых РАО был сокращен более чем на 250 куб.м (по 5-20 куб.м в год). Жидкие РАО и спецстоки, образующиеся при дезактивации упаковок, отверждались методом цементирования.

Этап 2009-2022г. (новое ведомство, реорганизация в виде слияния в одно предприятие с филиалами и отделениями)

На базе Иркутского и Новосибирского спецкомбинатов «Радон» образован филиал «Сибирский территориальный округ» ФГУП «РосРАО». В 2013 году к филиалу присоединено Хабаровское отделение. Аппарат управления филиала — в Иркутске.

Обследование и продление сроков эксплуатации хранилищ РАО свыше 30 лет (2010, 2013).

В 2012-2016гг. на Иркутской производственной площадке проведены работы по созданию участка по переработке твердых РАО (техническое перевооружение складского здания в производственный участок - ОПУСФУ). Оформлена лицензия Ростехнадзора на переработку РАО. С 2017 года за счет применяемых методов переработки — фрагментации, прессования, виброуплотнения — объем хранимых «исторических» РАО также удалось значительно уменьшить, а сами РАО привести к критериям приемлемости для захоронения по требованиям правил и норм.

Этап 2022-2030гг. (ФГУП «РАДОН»)

Прием РАО от организаций продолжается. Извлечение из отсеков хранилищ и кондиционирование «исторических» РАО, приведение их к частным критериям приемлемости для захоронения (ППЗРО, г. Северск, ФГУП «НО РАО»).

Продление сроков эксплуатации хранилищ РАО, подготовка объекта к ВЭ (2030-2042г.).

Выполнение работ и оказание услуг по обращению с РАО и выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ХЛОРИДСОДЕРЖАЩИХ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ИХ В СООТВЕТСТВИЕ КРИТЕРИЯМ ПРИЕМЛЕМОСТИ НП-093-14

Шаталина Я.И.¹, Погляд С.С.¹, Дмитриева О.С.¹, Кочерга А.С.², Шишлов М.А.²

¹АО «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград

e-mail: shatalina.yaana@yandex.ru

²ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами», г. Димитровград, Россия

Аннотация: В данной работе приведена схема наиболее эффективного и безопасного метода концентрирования ЖРО – упаривание при температуре близкой к комнатной. По приведенной схеме получен конденсат. Проанализирован полученный конденсат. Подобран матричный материал для иммобилизации РАО, полученного в ходе упаривания, на основе железофосфатной керамики. Проведен синтез и исследование ЖФК.

Ключевые слова: ОЯТ, упаривание, радиоактивные отходы, разрежение, кондиционирование, иммобилизация, керамика.

При работе предприятий ЯТЦ и АЭС образуется большое количество радиоактивных отходов, основную часть которых составляют жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) различного уровня активности. Безопасное обращение с образующимися радиоактивными отходами является основным фактором для атомной промышленности и энергетики.

ЖРО в зависимости от источника образования имеют различный химический и радионуклидный состав. Сложность переработки ЖРО главным образом определяется высоким солесодержанием и сложным радионуклидным составом.

Актуальность выбранной темы заключается в решении двух основных задач: очистка ЖРО от радионуклидов и приведение их в форму, удобную для дальнейшего захоронения.

Целью исследования является возможность очистки ЖРО, последующей их подготовки для передачи в опытно-промышленный полигон ФГУП «НО РАО» г. Димитровград и включение сухого остатка в низкотемпературную керамику.

Для проведения процесса упаривания в качестве побудителя процесса использовали вакуумный мембранный насос KNF N 860.3FT.40.18 поддерживающий по разные стороны мембраны давление до 4 мбар на входе и совпадающее с атмосферным – на выходе. В таких условиях насыщенный пар, покинувший емкость с исходным раствором (имитатором) ЖРО, охладившееся по пути до состояния близкого к точке росы – попадая в зону высокого давления – конденсируется (частично в камере насоса, частично – в отводящем трубопроводе) и поступает в сборник конденсата. Указанный насос обладает дополнительной конструктивной особенностью – системой удаления конденсата из камер насоса его продувкой, что позволяет достаточно полно собирать полученный продукт.

В ходе экспериментов подтверждена технологическая возможность проведения процесса упаривания коррозионноактивных растворов, содержащих хлорид-ион при умеренных температурах и пониженном давлении. Выявлено, что по мере концентрирования скорость упаривания возрастает. Коэффициент очистки упаренного раствора составил $1,5 \times 10^4$, что превышает значения высокотемпературного упаривания, определенные в [1] более чем в 150 раз. Получены сухие пересыпающиеся соли после упаривания раствора, которые необходимо иммобилизовать в отверждаемую при комнатной температуре матрицу, учитывая большую коррозионную активность хлорид иона, а также летучесть значительного количества хлоридов, традиционные высокотемпературные процессы ограничено применимы. В связи с этим была выбрана низкотемпературная железофосфатная керамика [2].



Синтез образцов проводили следующим образом – при постоянном перемешивании к полученным солям после упаривания добавляли раствор ортофосфорной кислоты, всыпали смесь порошков оксидов железа, готовую пасту перекладывали в форму для завершения процессов образования твердой матрицы. Время твердения образцов составило 1-3 суток при комнатной температуре.

Полученные образцы были испытаны на химическую устойчивость и механическую прочность. Скорость выщелачивания матрицы колеблется от $2,5 \times 10^{-4}$ г/см²×сут для лития до $1,5 \times 10^{-5}$ г/см²×сут для калия. Согласно НП-019-15 водостойчивость для ¹³⁷Cs должна быть не более 1×10^{-3} г/см²сут – указанное требование полностью обеспечивается механическая прочность образца составила 8,5 МПа, что превышает требуемую – 4 МПа.

Полученные данные показывают, что выбранный метод кондиционирования ЖРО является эффективным для хлоридсодержащих ЖРО, результаты соответствуют критериям приемлемости НП-093-14, что позволяет производить дальнейшее применение глубинного захоронения в опытно-промышленном полигоне ФГУП «НО РАО» г. Димитровград.

Синтезированная матрица была испытана на химическую устойчивость и механическую прочность, результаты полностью обеспечивают требования НП-019-15. Таким образом, было подтверждено, что железофосфатная керамика может быть использована в качестве исходного материала для иммобилизации САО с включением хлоридов щелочных металлов, образующихся при пирохимической переработке ОЯТ.

Список литературы

1. Рябков Д. В. Оптимизация процессов вытарки и ректификации при обращении с технологическими РАО от переработки ОЯТ АЭС : дис. – Радиевый ин-т им. ВГ Хлопина, 2011.
2. Экспериментальная проверка применимости железофосфатной керамики для иммобилизации радиоактивных отходов пирохимической переработки ОЯТ / С. С. Погляд, Я. И. Шаталина, Е. А. Безднякова, О. С. Дмитриева // Вопросы радиационной безопасности. – 2024. – № 4(116). – С. 27-34. – EDN CVVWWP.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Иванов О.П., Королев А.В., Лемус А.В., Семенов С.Г., Чесноков А.В., Шиша А.Д.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

С 2008 по 2015 гг. НИЦ «Курчатовский институт» выполнил работы по выводу из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ. В 2008-2010 годах были проведены подготовительные работы, которые включали проведение комплексного инженерно-радиационного обследования реакторов, разработку проекта вывода их из эксплуатации и удаление отдельных элементов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). В 2011 была получена лицензия на вывод реактора МР из эксплуатации и начат демонтаж оборудования. Демонтировано оборудование всех 9-ти петлевых установок. Демонтаж оборудования позволил снизить мощность эквивалентной дозы в помещениях с 5-20 м³в/ч до 0,01-0,03 м³в/ч. Далее выполнен демонтаж внутриреакторных конструкций. В первую очередь была удалена основная решетка реактора, на которой были смонтированы все основные части реактора. Затем были удалены бериллиевые блоки реактора (76 бериллиевых блоков) и графитовые блоки отражателя (106 графитовых блоков). Демонтирован корпус реактора МР и графитовая кладка реактора РФТ. Всего из шахты реактора РФТ было удалено около 30 тонн облученного графита. В 2016-2017 гг. осуществлялись дезактивация строительных конструкций и удаление загрязненного грунта из подвальных помещений реактора МР. В результате было удалено на временное хранение более 2150 куб.м РАО в виде металлических, строительных отходов и грунта сверх РАО, зафиксированных в проекте вывода из эксплуатации реакторов МР и РФТ (~1800 м³). Производство демонтажных и дезактивационных работ при минимальных дозовых нагрузках персонала оказалось возможным за счет применения средств дистанционной радиометрии и дистанционно-управляемых механизмов с применением технологий подавления пыли для уменьшения образования радиоактивных аэрозолей в воздухе рабочих помещений, что позволило значительно уменьшить радиационное воздействие на персонал и окружающую среду.

Детальное радиационное обследование помещений и оборудования реактора с помощью стандартного дозиметрического оборудования, как правило, невозможно из-за высоких радиационных полей и высокой плотности размещения оборудования. Специально для целей дистанционной диагностики были разработаны и опробованы дистанционно управляемые спектрометрические системы: Гамма-пионер, Гамма-визор, Гамма-локатор, подводная спектрометрическая система, сверхлегкая гамма-камера, система Корад.

Оборудование петлевых установок реактора МР было расположено в подвальных помещениях, общее число помещений достигало ~50, поэтому для работы в каждом помещении разрабатывался план производства работ (ППР), который включал предварительное радиационное обследование зоны работ с помощью гамма визора и гамма локатора без присутствия персонала в обследуемой зоне. Результаты измерений обрабатывались по специально разработанным программам обработки данных. Полученные результаты использовали для определения последовательности демонтажных работ, характеристики возникающих РАО, их сортировки и определения методов их упаковки и удаления.

Организация работ по выводу из эксплуатации, применение дистанционных методов диагностики радиационной обстановки, дистанционно управляемых механизмов, систем пылеподавления, постоянный радиационный контроль способствовали снижению радиационного воздействия на персонал и окружающую среду. Максимальная средняя индивидуальная эквивалентная доза персонала за весь период составила 3,8 м³в/год. Объемная активность воздуха в зонах нахождения персонала не превышала нормативные значения. За время работ по выводу из эксплуатации на периметре НИЦ «Курчатовский институт» не было зафиксировано ни одного случая превышения контрольных уровней.

С 1988 по 2015 годы на выводимом из эксплуатации исследовательском реакторе ТВР выполнены работы по удалению отработанного ядерного топлива, тяжелой воды, демонтажу оборудования вне бетонной защиты, бассейна выдержки. С 2016 года в рамках выполнения мероприятия Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» проведены КИРО и обследование строительных конструкций здания, разработаны и утверждены концепция и принципиальная программа вывода из эксплуатации, разработан проект вывода из эксплуатации, получены СЭЗ и лицензия на вывод из эксплуатации, разработано, изготовлено и поставлено на площадку реактора

специальное технологическое оборудование и приспособления. В рамках выполнения УДЛ приведены в соответствие с нормативными требованиями мостовой кран, санпропускник и помещения реакторного зала, ремонт и наладка систем приточно-вытяжной вентиляции, электроснабжения. Направлены документы на получение разрешения Ростехнадзора на выполнение второго (основного) этапа работ по выводу из эксплуатации реактора -демонтажных работ.

При разработке проекта вывода из эксплуатации реактора ТВР использовался опыт и технологии работ по выводу из эксплуатации реактора МР.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ НА БАЗЕ БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ БДКГ-211М И УВФ-2

Яхрюшин В.Н., Полянская О.Н., Епифанов А.О., Андреев Ф.А.

ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия Россия
e-mail: valera@rpatyphoon.ru

Аннотация: В докладе представлены результаты по определению поступления техногенных радионуклидов в приземный слой атмосферы г. Обнинска. Время поступления радионуклидов определяется по характеру изменения спектра в предлагаемой регрессионной модели. Дополнительно приводится анализ спектров блока детектирования БДКГ-211М установленного над фильтром воздухо-фильтрующей установки и на площадке наблюдения.

Ключевые слова: воздухо-фильтрующая установка, блок детектирования БДКГ-211М, техногенные радионуклиды, регистрация, время поступления.

Для отбора проб атмосферных аэрозолей с целью определения радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы применяются воздухо-фильтрующие установки, в том числе и типа УВФ-2 (далее УВФ) [1]. Отбор проб атмосферных аэрозолей происходит в результате фильтрации приземного воздуха через систему фильтров: ФПП-15-1,5 и СФМ-И. С целью получения оперативной информации о радиоактивном загрязнении накопленных на фильтрах аэрозолей, внутри воздухозаборника УВФ под пакетом фильтров установлены датчики α - и β -излучения (БДПБ-01 и БДКГ-04).

Как показано в работах [1, 2] система действительно с точностью до 3 минут дает информацию о времени прихода радиоактивного воздуха в район расположения станции наблюдения и данные о времени его прохождения, но только, если эта ситуация имеет характер выброса. В ситуациях, когда воздух с низкой концентрацией изотопов поступает в район станции продолжительный период (от нескольких часов до суток) система не регистрирует ни его время прихода, ни продолжительность.

С целью получения более точной информации о времени и интенсивности поступления гамма-излучающих радионуклидов, оценки возможности их идентификации в процессе отбора, в октябре 2024 года над пакетом фильтров УВФ был установлен сцинтилляционный блок детектирования БДКГ-211М (далее БДКГ-211М), который регистрировал спектры с дискретность 30 мин. и с помощью программного обеспечения «SSRM» передавал их на компьютер. Для определения фонового спектра в районе станции наблюдения была проведена регистрация спектров в течение 10 дней, внутри павильона рядом с установленной УВФ. Дополнительно с ноября 2024 по май 2025 БДКГ-211М был установлен на территории площадки наблюдения так же с целью возможного обнаружения поступления техногенных радионуклидов.

Анализ фоновых спектров показал (рис.1), что намного более эффективно регистрируются продукты распада радона при работающей УВФ, а регистрация изотопа ^{40}K практически не меняется.

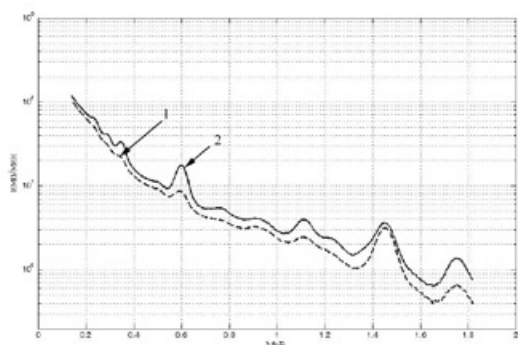


Рис. 1. Результаты анализа фоновых спектров над фильтрами УВФ (2) и полученных в домике с УВФ (1).

Опытная эксплуатация БДКГ-211М в октябре 2024 года над фильтром УВФ выявила все поступления ^{131}I в приземный слой атмосферы г. Обнинска и время (период) его поступления, а 13 октября 2024 зарегистрировала изменение характера поступления естественного изотопа ^7Be в приземный слой. При работе БДКГ-211М на площадке рядом с УВФ зарегистрировано только 2 случая поступлений ^{131}I из более чем 20.

Список литературы

1. Волокитин А.А., Полянская О.Н., Яхрюшин В.Н. Обнаружение техногенных радиоактивных выбросов в приземном слое атмосферы при работе УВФ-2 в режиме реального времени. /Сборник трудов международной научно-практической конференции «Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: Последствия и пути преодоления». – 2017. – Обнинск – С. 84-92.
2. Полянская О.Н., Яхрюшин В.Н. Применение метода эмпирической модовой декомпозиции для выделения трендовой составляющей рядов данных радиационного мониторинга. / Международная конференция. 60 лет общегосударственной радиометрической службе России: тезисы докладов – 19-21 октября 2021 г. – Обнинск – С. 20.



ДЕЛАЕМ МИР ЧИЩЕ И БЕЗОПАСНЕЕ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Объединенный эколого-технологический
и научно-исследовательский центр по обезвреживанию
РАО и охране окружающей среды»
(ФГУП «РАДОН»)

119121, Москва, 7-й Ростовский пер, 2/14
тел.: +7 (495) 545-57-67
E-mail: info@radon.ru
www.radon.ru

