

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Экологический инжиниринг и аудит

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка комплекса мероприятий по управлению отходами на  
промышленном предприятии

Обучающийся

И.Е. Макаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., Е.А. Татаринцева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## Содержание

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                                                                          | 3   |
| Термины и определения .....                                                                                            | 7   |
| Перечень сокращений и обозначений.....                                                                                 | 8   |
| 1 Анализ системы управления отходами на промышленном предприятии .....                                                 | 9   |
| 1.1 Анализ отходов, образующихся на предприятии .....                                                                  | 9   |
| 1.2 Анализ системы управления отходами на промышленном<br>предприятии.....                                             | 25  |
| 2 Разработка комплекса мероприятий по управлению отходами на<br>промышленном предприятии.....                          | 34  |
| 2.1 Разработка типовой программы управления отходами промышленного<br>предприятия .....                                | 34  |
| 2.2 Предложения по усовершенствованию системы управления отходами<br>на предприятии.....                               | 47  |
| 3 Аprobация внедрения комплекса мероприятий по управлению отходами на<br>промышленном предприятии.....                 | 68  |
| 3.1 Результаты внедрения комплекса мероприятий по управлению<br>отходами на промышленном предприятии .....             | 68  |
| 3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по<br>управлению отходами на промышленном предприятии ..... | 80  |
| Заключение .....                                                                                                       | 96  |
| Список используемых источников.....                                                                                    | 100 |

## **Введение**

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается постоянно растущим вниманием к вопросам экологической безопасности, законодательства и нормативных требований в области обращения с радиоактивными материалами, а также стремления к соблюдению международных стандартов.

Тема магистерской диссертации актуальна, так как этот анализ позволяет выявлять потенциальные риски, разрабатывать эффективные методы обработки и хранения радиоактивных отходов, а также оптимизировать процессы управления ими с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду и общественное здоровье.

Объект исследования: система управления опасными радиационными отходами.

Предмет исследования: эффективность системы управления опасными радиационными отходами.

Цель исследования: повышение комплексной безопасности организации за счет использования технических решений по мониторингу показателей, учитывающих влияние человеческого фактора на уровень безопасности.

Цель исследования – повышение эффективности системы управления опасными радиационными отходами за счёт разработки организационных и технических средств по накоплению, переработки и хранения опасных радиационных отходов на предприятии.

Гипотеза исследования состоит в том, что эффективное повышение уровня промышленной безопасности, в частности за счет повышения эффективности контроля за обращением с опасными радиационными отходами на предприятии будет обеспечено, если:

- провести анализ эффективности системы управления отходами на

действующем предприятии;

- выполнить анализ современных систем по управлению опасными радиационными отходами;
- будет реализована программа внедрения комплекса мероприятий по управлению отходами на данном предприятии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- осуществить анализ требований нормативно-правовых актов и нормативных документов к документам управления опасными радиационными отходами;
- осуществить анализ видов и содержания документов направленных на управление опасными радиационными отходами;
- осуществить анализ необходимости применения системы управления опасными радиационными отходами;
- провести обзор существующих систем по управлению опасными радиационными отходами;
- осуществить патентно-информационный обзор системы управления опасными радиационными отходами;
- разработать техническое решение применения системы управления опасными радиационными отходами и обеспечения безопасности труда в организации;
- произвести оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению безопасного обращения с отходами.

Для решения поставленных задач используется комплексный метод исследования, включающий анализ теоретических и практических данных, в области управления и обращения с отходами.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области управления опасными радиационными отходами в научно-

исследовательских институтах.

Базовыми для настоящего исследования явились также законодательные и нормативные акты, регулирующие безопасность на предприятии.

Опытно-экспериментальная база исследования: документы АО «ГНЦ НИИАР», который представляет собой крупнейший в России научно-исследовательский и экспериментальный центр атомной отрасли, возможности которого обеспечивают выполнение научных исследований по актуальным направлениям развития ядерной энергетики и фундаментальной науки.

Научная новизна исследования заключается в создании технических решений и организационно-технических мероприятий, способствующих эффективной реализации управления опасными радиационными отходами.

Теоретическая значимость исследования заключается в его вкладе в развитие научных знаний о мерах, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами.

Практическая значимость заключается в применении методов и способов повышения эффективности управления, и обращения с отходами на предприятии.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались:

- корректным применением методов исследований;
- результатами проведённой оценки эффективности предлагаемых мер, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами.
- результатами внедрения предложенных решений;
- сходимостью результатов исследования с данными, полученными в ходе аналогичных исследований;
- использованием комплексного подхода при анализе собранных данных для получения полного и взвешенного понимания

проблемы.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты опубликованы в статье: Макаров И.Е. Разработка комплекса мероприятий по управлению отходами на промышленном предприятии // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 38(292). URL: [https://sibac.info/archive/journal/student/36\(292\\_1\).pdf](https://sibac.info/archive/journal/student/36(292_1).pdf).

На защиту выносятся:

- результаты анализа отходов образующихся на предприятии;
- результаты анализа эффективности системы управления отходами на предприятии;
- результаты апробации комплекса мероприятий по управлению отходами в организации;
- результаты оценки эффективности предлагаемых мероприятий.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 8 рисунков и 8 таблиц, список используемых источников (45 источника). Основной текст работы изложен на 106 страницах.

## Термины и определения

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Радиоактивные отходы – «непредусмотренные для дальнейшего использования радиоактивные вещества, активность которых, или содержание радионуклидов в которых, превышает установленные уровни освобождения от радиационного контроля, и обращение с которыми осуществляется в соответствии с требованиям правовых актов, регулирующих радиационную безопасность» [15].

Системы обращения с радиоактивными отходами – технологические системы предназначенные для сбора, и/или хранения, и/или переработки, и/или кондиционирования, и/или транспортирования РАО [15].

Упаковка радиоактивных отходов– «изделие, состоящее из контейнера (или нескольких контейнеров, помещенных один в другой, включая совокупность внутренних инженерных барьеров) и предназначенное для осуществления определённых операций по обращению с РАО (транспортировка, хранение, захоронение)» [15].

Установка радиоактивных отходов – установочный комплект (контейнер) с помещенными в него РАО, подготовленные для транспортирования, и/или хранения, и/или захоронения [15].

Хранение радиоактивных отходов – размещение РАО в хранилище с намерением их последующего извлечения [15].

Хранилище радиоактивных отходов – инженерные сооружения для временного размещения РАО с возможностью их последующего извлечения для транспортирования на захоронение [15].

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете применяются следующие сокращения:

АО «ВНИИАЭС» – Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций;

АО «ГНЦ НИИАР» – Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов»;

ГК «Росатом» – Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»;

ЗН – зона наблюдения;

НИР – научно-исследовательская работа;

ОРИП – отделение радионуклидных источников и препаратов;

ОРМ – Отделение реакторного материаловедения;

ОРТ – отделение радиохимических технологий;

ОТТ – отделение топливных технологий;

ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;

РАО – радиоактивные отходы;

РИК – Реакторный исследовательский комплекс;

РФ – Российская Федерация;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СЗЗ – санитарно-защитная зона;

СУО – система управления отходами;

ТБ – техника безопасности;

ТРО, ЖРО, ГРО – твердые, жидкие, газообразные РАО;

ФЗ – федеральный закон;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

Экологическая политика – Политика АО «ГНЦ НИИАР» в области экологии;

ЯТЦ – ядерного топливного цикла.

# **1 Анализ системы управления отходами на промышленном предприятии**

## **1.1 Анализ отходов, образующихся на предприятии**

АО «ГНЦ НИИАР» – организация Госкорпорации «Росатом» по предоставлению наукоемких высокотехнологичных услуг для проведения экспериментальных реакторных и послереакторных исследований, разработки и выпуска источников ионизирующих излучений, получения трансплутониевых элементов и радионуклидов промышленного и медицинского значения [9].

«Экспериментальные возможности АО «ГНЦ НИИАР» позволяют вносить значимый вклад в достижение стратегических целей Госкорпорации «Росатом» по следующим направлениям:

- разработка технологий ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах (производство перспективных видов топлива, переработка облученных материалов и отработавшего ядерного топлива (далее – ОЯТ), их фракционирование, рефабрикация топлива и утилизация выделенных продуктов деления и трансмутации);
- научно-техническое обеспечение расширения сферы использования ядерных технологий (новые конструкционные материалы, космическая энергетика, радиофармпрепараты, радионуклиды медицинского и промышленного назначения);
- научно-техническое обоснование технических решений, направленных на повышение работоспособности и безопасности топлива действующих водо-водяных энергетических реакторов;
- выполнение государственного оборонного заказа;
- развитие экспериментальной исследовательской и технологической

базы отрасли (строительство, реконструкция, техническое перевооружение);

- развитие инженерной инфраструктуры ядерной и радиационной безопасности, обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами (далее – РАО), биологической защиты от ионизирующего излучения (разработка технологий, вывод из эксплуатации, вывоз на переработку, реабилитация территорий)» [9].

В настоящее время АО «ГНЦ НИИАР» представляет собой крупнейший в России научно-исследовательский и экспериментальный центр атомной отрасли, возможности которого обеспечивают выполнение научных исследований по актуальным направлениям развития ядерной энергетики и фундаментальной науки [9].

«АО «ГНЦ НИИАР» расположено в восточной части Ульяновской области в 5,5 км к западу от г. Димитровград, в 5 км севернее Черемшанского залива Куйбышевского водохранилища р. Волга. АО «ГНЦ НИИАР» находится на расстоянии 90 км от г. Ульяновск, на расстоянии 160 км от г. Самара. Ближайшим населенным пунктом является поселок городского типа Мулловка, расположенный в 3,5 км к западу от АО «ГНЦ НИИАР» [9].

Объекты АО «ГНЦ НИИАР» расположены на 5 площадках. На промплощадке № 1 расположены объекты использования атомной энергии (включая объекты ядерного топливного цикла). На площадках № 2, 3, 4 и 5 расположены производственно-технологические объекты, объекты социальной инфраструктуры.

Санитарно-защитная зона (далее – СЗЗ), установленная для промплощадки № 1 АО «ГНЦ НИИАР», утверждена постановлением Администрации г. Димитровград от 28.05.2014 № 1547 «Об утверждении проекта санитарно-защитной зоны «ОАО «ГНЦ НИИАР»» (на основании санитарно-эпидемиологического заключения от 21.05.2014 №

77.ГУ.01.000.Т.000006.05.14, выданного Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ). Площадь СЗЗ АО «ГНЦ НИИАР» с внешней границей в виде замкнутой ломаной линии составляет 35 км<sup>2</sup>. Минимальное расстояние от основного источника выбросов радионуклидов в атмосферу (источник загрязнения атмосферы № 0001 - высотная труба единого вентиляционного центра) до внешней границы СЗЗ – 2653 м (до береговой линии Черемшанского залива Куйбышевского водохранилища), максимальное – 4966 м. Суммарная длина границы СЗЗ ~22 км [9] (рисунок 1).

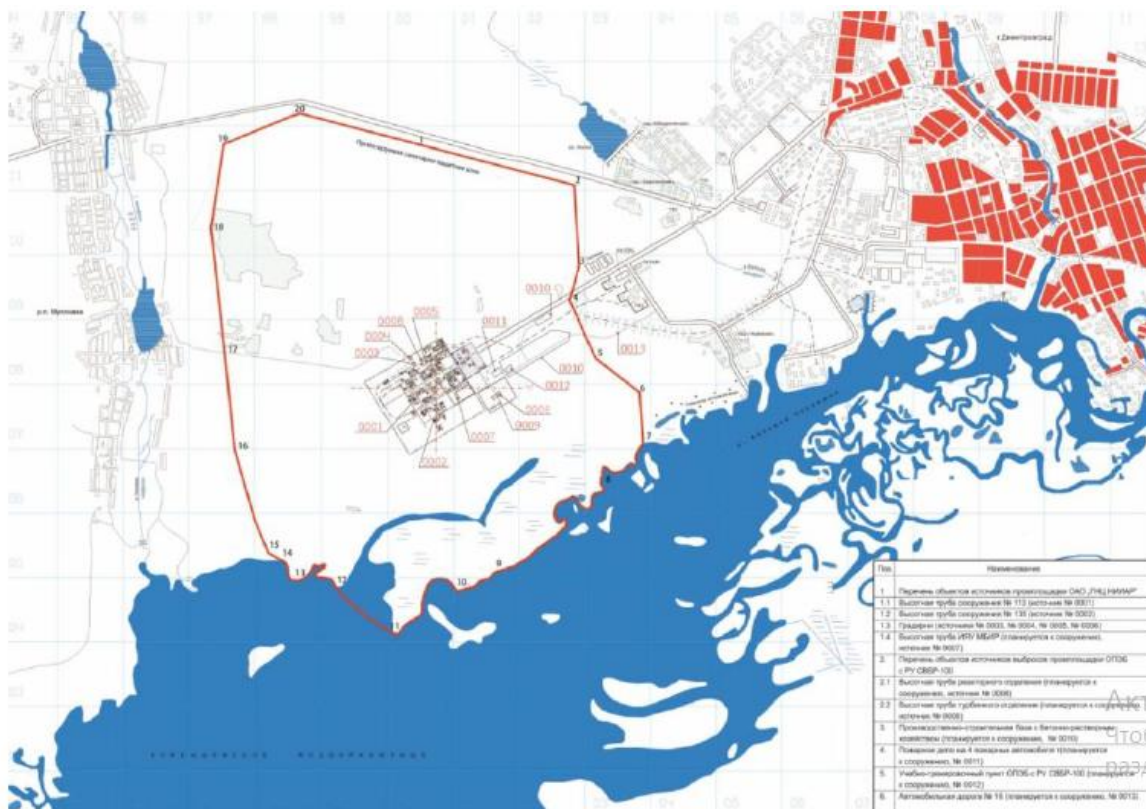


Рисунок 1 – Карта-схема СЗЗ АО «ГНЦ НИИАР»

«Основные научно–производственные подразделения АО «ГНЦ НИИАР» с указанием видов и направлений деятельности представлены ниже:

а) отделение «Реакторный исследовательский комплекс» (РИК) (включает в себя пять действующих исследовательских реакторов: МИР.М1, РБТ-10/2, БОР-60, СМ-3, РБТ-6 и критические стенды СМ-2 и МИР.М1):

- 1) ампульные и петлевые испытания макетов тепловыделяющих и поглощающих элементов, других компонентов активных зон ядерных реакторов с различными типами теплоносителя в условиях, моделирующих штатную ситуацию, отклонение от нормальных режимов и проектные аварии,
- 2) внутриреакторные исследования влияния нейтронного потока и реакторного излучения на свойства конструкционных, поглощающих и топливных материалов ядерных установок различного назначения,
- 3) разработка методик, экспериментальных устройств и внутриреакторные исследования механических, электро и теплофизических характеристик материалов для ядерных реакторов,
- 4) разработка, создание облучательных технологий и наработка трансплутониевых элементов, различных радиоизотопов медицинского и промышленного назначения, облучение материалов с целью изменения их физических свойств,
- 5) разработка методик обеспечения, поддержания и контроля показателей водно- и газохимических режимов, дезактивации оборудования исследовательских и энергетических ядерных реакторов и экспериментальные исследования в этих направлениях,
- 6) разработка методик расчета теплогидравлических, нейтронно-физических характеристик для сопровождения эксплуатации, анализа безопасности исследовательских ядерных установок и

их экспериментальных устройств,

- 7) разработка и изготовление датчиков внутриреакторного контроля температуры, давления, нейтронного потока, линейных перемещений для оснащения экспериментальных устройств и систем контроля ядерных реакторов,
- 8) разработка и изготовление автоматизированных систем сбора и обработки экспериментальных данных при проведении внутриреакторных исследований,
- 9) расчетные и экспериментальные исследования для обоснования безопасного обращения с необлученными и облученными ядерными материалами» [9];

б) «отделение «Реакторная установка ВК-50» (РУ ВК-50):

- 1) выработка и подача в сеть города и области электрической энергии и тепла,
- 2) расчетные исследования в соответствии с программой работ по эффективному использованию топлива в активной зоне реактора,
- 3) пополнение экспериментальной базы данных, необходимых для верификации программных средств и перспективных инновационных разработок, по основным нейтронно-физическим, теплотехническим, теплогидравлическим параметрам и характеристикам, а также режимам эксплуатации,
- 4) расчетно-экспериментальное сопровождение реактора, поддержание и контроль показателей водно-химического режима;
- 5) усовершенствование расчетно-методического обеспечения для обоснования безопасной и эффективной работы реакторной установки» [9];

в) «отделение реакторного материаловедения (ОРМ):

- 1) исследования ТВС, твэлов, элементов системы управления и защиты, топливных, поглощающих и конструкционных материалов активных зон реакторов различного назначения и других материалов и изделий атомной техники до и после облучения,
- 2) исследования в области физики радиационных повреждений,
- 3) разработка методик и оборудования для послереакторных исследований,
- 4) разработка и изготовление облучательных устройств, поглощающих композиций и изделий из них, элементов системы управления и защиты, мишеней-накопителей и других изделий атомной техники» [9];

г) «отделение радиохимических технологий (ОРТ):

- 1) исследования процессов переработки различных видов ОЯТ (смешанного нитридного, металлического, содержащего младшие актиниды, топлива с высоким выгоранием и МОКС-топлива), решение задач в области ядерного топливного цикла (далее – ЯТЦ), получение экспериментальной информации о физико-химических процессах, применимых и применяемых для переработки облученных материалов и ОЯТ, РАО,
- 2) проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по изучению и освоению новых процессов и технологий ЯТЦ, включая переработку облученного ядерного топлива и обращение с РАО, разработку и усовершенствование специального оборудования,
- 3) проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по изучению и освоению новых

процессов и технологий производства инновационных видов ядерного топлива,

- 4) разработка методик анализа и аналитическое сопровождение технологических процессов, применяемых в ОРТ,
- 5) обеспечение загрузки реактора БОР-60 виброуплотненным МОКС-топливом и сборками бокового экрана,
- 6) создание производства виброуплотненного МОКС-топлива для гибридной активной зоны реактора БН-600,
- 7) конверсия и консолидация невостребованных ядерных материалов» [9];

д) «отделение топливных технологий (ОТТ): Основным направлением деятельности отделения топливных технологий является производство виброуплотненного оксидного топлива для ядерных реакторов на быстрых нейтронах. Проведенные в предшествующие годы научно-исследовательские и опытноконструкторские работы позволили создать на технологическом комплексе отделения современную техническую базу для изготовления пироэлектрохимическим способом гранулята уранового или смешанного уран-плутониевого оксидного топлива, изготовления ТВС и ТВЭЛов методом виброуплотнения топливного сердечника непосредственно в оболочке;

е) отделение радионуклидных источников и препаратов (ОРИП):

- 1) научные исследования и технические разработки, направленные на повышение эффективности накопления радионуклидов в исследовательских ядерных реакторах,
- 2) исследования свойств радиоактивных элементов (в т.ч. трансплутониевых) с целью обоснования технологии их получения, выделения и очистки, изготовления источников ионизирующих излучений на их основе» [9],

- 3) «разработка технологии получения, выделения и очистки реакторных и генераторных радионуклидов,
- 4) разработка конструкции и технологии изготовления источников ионизирующих излучений,
- 5) разработка методов аналитического контроля технологических процессов, паспортизации источников и препаратов, метрологическое обеспечение процедур паспортизации,
- 6) облучение различных материалов в ядерных реакторах с целью направленной модификации их свойств,
- 7) производство препаратов радионуклидов высокой удельной активности (в т.ч. трансплутониевых элементов) и источников ионизирующих излучений на их основе (в т.ч. источников нейтронов)» [9].

«Выбросы радиоактивных веществ в атмосферный воздух АО «ГНЦ НИИАР» осуществляются на основании «Разрешения на выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух» № Р-СВ-ВУ-02-0010 от 15.10.2015 (выдано Волжским МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора), срок действия которого в соответствии с письмом Ростехнадзора от 24.12.2019 № 06-02-05/1963 продлен до утверждения и начала действия нового административного регламента, регулирующего установление ПДВ радиоактивных веществ в атмосферный воздух и выдачу разрешений на выброс радиоактивных веществ)» [9].

Разрешение устанавливает перечень разрешенных к выбросу радиоактивных веществ и «нормативы годовых допустимых и предельно допустимых выбросов по отдельным радионуклидам. Контроль газо-аэрозольных выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух осуществляется УРБ в соответствии с «Порядком контроля выбросов радиоактивных веществ в АО «ГНЦ НИИАР» № Прд-1900-0005-01 (согласован МРУ № 172 ФМБА России, утвержден 15.05.2017, введен в

действие с 01.06.2017 приказом АО «ГНЦ НИИАР» от 30.05.2017 № 64/385-П). Выбросы радионуклидов, в основном, осуществляются централизованно через высотную трубу (высота которой равна 120 м) объединенного вентиляционного центра института – источник выброса в атмосферный воздух № 0001. Состав выбросов представлен инертными радиоактивными газами (далее – ИРГ), альфа-, бета-излучающими аэрозолями, включающими изотопы плутония, цезий-137, стронций-90» [9] (таблица 1).

Таблица 1 – Выбросы радиоактивных веществ в атмосферный воздух АО «ГНЦ НИИАР» за период с 2017 по 2022 год

| Радионуклиды                              | Допустимый<br>(разрешенный)<br>выброс (ДВ),<br>Бк/год | Фактический выброс  |               |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                           |                                                       | 2022 год            |               | 2021<br>год,<br>Бк/год | 2020<br>год,<br>Бк/год | 2019<br>год,<br>Бк/год | 2018<br>год,<br>Бк/год |
|                                           |                                                       | Бк/год              | %<br>от<br>ДВ |                        |                        |                        |                        |
| Источник выброса № 0001                   |                                                       |                     |               |                        |                        |                        |                        |
| Инертные радиоактивные газы (ИРГ)         | $4,13 \cdot 10^{15}$                                  | $3,06 \cdot 10^1_5$ | 74            | $3,50 \cdot 10^{15}$   | $3,33 \cdot 10^{15}$   | $2,82 \cdot 10^{15}$   | $3,39 \cdot 10^{15}$   |
| Альфа-излучающие аэрозоли, в т.ч.:        | $1,73 \cdot 10^8$                                     | $1,20 \cdot 10^8$   | 69            | $1,83 \cdot 10^8$      | $1,61 \cdot 10^8$      | $2,13 \cdot 10^8$      | $1,28 \cdot 10^8$      |
| изотопы плутония и америций-241           | $1,28 \cdot 10^8$                                     | $7,66 \cdot 10^7$   | 60            | $1,30 \cdot 10^8$      | $9,07 \cdot 10^7$      | $9,45 \cdot 10^7$      | $6,72 \cdot 10^7$      |
| Бета-, гамма-излучающие аэрозоли, в т.ч.: | $1,76 \cdot 10^{11}$                                  | $9,51 \cdot 10^9$   | 5             | $6,45 \cdot 10^{10}$   | $3,22 \cdot 10^{10}$   | $1,32 \cdot 10^{10}$   | $7,79 \cdot 10^9$      |
| йод-131                                   | $2,98 \cdot 10^{10}$                                  | $5,60 \cdot 10^9$   | 19            | $6,07 \cdot 10^{10}$   | $2,91 \cdot 10^{10}$   | $1,10 \cdot 10^{10}$   | $4,58 \cdot 10^9$      |
| цезий-137                                 | $7,14 \cdot 10^9$                                     | $7,39 \cdot 10^8$   | 10            | $5,40 \cdot 10^8$      | $4,81 \cdot 10^8$      | $4,14 \cdot 10^8$      | $7,40 \cdot 10^8$      |
| стронций-90                               | $4,36 \cdot 10^8$                                     | $9,53 \cdot 10^7$   | 22            | $9,81 \cdot 10^7$      | $9,21 \cdot 10^7$      | $3,77 \cdot 10^7$      | $4,01 \cdot 10^7$      |
| Источник выброса № 0002                   |                                                       |                     |               |                        |                        |                        |                        |
| Альфа-излучающие аэрозоли, в т.ч.:        | $2,14 \cdot 10^6$                                     | $2,30 \cdot 10^5$   | 11            | $3,62 \cdot 10^5$      | $2,23 \cdot 10^5$      | $8,60 \cdot 10^5$      | $3,65 \cdot 10^5$      |
| изотопы плутония и америций-241           | $1,57 \cdot 10^6$                                     | $1,49 \cdot 10^5$   | 9             | $2,26 \cdot 10^5$      | $1,41 \cdot 10^5$      | $4,34 \cdot 10^5$      | $2,23 \cdot 10^5$      |

Продолжение таблицы 1

| Радионуклиды                              | Допустимый<br>(разрешенный)<br>выброс (ДВ),<br>Бк/год | Фактический выброс |               |                        |                        |                        |                        |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                           |                                                       | 2022 год           |               | 2021<br>год,<br>Бк/год | 2020<br>год,<br>Бк/год | 2019<br>год,<br>Бк/год | 2018<br>год,<br>Бк/год |
|                                           |                                                       | Бк/год             | %<br>от<br>ДВ |                        |                        |                        |                        |
| Бета-, гамма-излучающие аэрозоли, в т.ч.: | $7,57 \cdot 10^7$                                     | $4,03 \cdot 10^6$  | 5             | $1,60 \cdot 10^6$      | $4,48 \cdot 10^6$      | $5,26 \cdot 10^6$      | $3,51 \cdot 10^6$      |
| йод-131                                   | $3,62 \cdot 10^7$                                     | $2,70 \cdot 10^6$  | 7             | $1,47 \cdot 10^5$      | $2,36 \cdot 10^6$      | $4,00 \cdot 10^6$      | $2,72 \cdot 10^6$      |
| цезий-137                                 | $3,26 \cdot 10^6$                                     | $1,57 \cdot 10^5$  | 5             | $3,43 \cdot 10^4$      | $3,26 \cdot 10^4$      | $2,47 \cdot 10^5$      | $3,48 \cdot 10^5$      |
| стронций-90                               | $1,63 \cdot 10^7$                                     | $8,65 \cdot 10^5$  | 5             | $1,39 \cdot 10^6$      | $1,82 \cdot 10^6$      | $3,72 \cdot 10^5$      | $5,34 \cdot 10^4$      |
| Бета-, гамма-излучающие аэрозоли          | $1,98 \cdot 10^9$                                     | $3,40 \cdot 10^6$  | 0,2           | $3,93 \cdot 10^6$      | $1,44 \cdot 10^6$      | $3,09 \cdot 10^5$      | $2,19 \cdot 10^6$      |

«Допустимые выбросы установлены «Разрешением на выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух» № Р-СВ-ВУ-02-0010 от 15.10.2015, выданным Волжским МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора. Приведены суммы годовых допустимых выбросов радионуклидов, сгруппированных по формам радиоактивных веществ» [9].

«В качестве годового допустимого выброса для бета-, гамма-излучающих аэрозолей от источников № 0001 и 0002 приведена сумма годовых допустимых выбросов радионуклидов с периодом полураспада более 24 часов, отнесенных к данной группе» [9].

«Значение фактического выброса бета-, гамма-излучающих аэрозолей от источников № 0001 и 0002 является суммой выбросов радионуклидов с периодом полураспада более 24 часов, отнесенных к данной группе» [9].

«В 2022 году активность выбросов радионуклидов АО «ГНЦ НИИАР» не превысила значения установленных годовых допустимых выбросов (ДВ) радионуклидов. Суммарная активность выбросов инертных радиоактивных газов, бета и гамма-излучающих аэрозолей по всем источникам выбросов не превысила значения суммы годовых допустимых выбросов радионуклидов по формам радиоактивных веществ» [9].

«Мерами, предпринимаемыми АО «ГНЦ НИИАР» для снижения

негативного воздействия на окружающую среду, являются соблюдение требований, правил и норм, установленных законодательством Российской Федерации и иными нормативными правовыми актами в области охраны атмосферного воздуха, планирование и реализация мероприятий по охране атмосферного воздуха, использование ГОУ и локальных очистных устройств» [9].

Отнесение образующихся и накопленных отходов к радиоактивным, отнесение накопленных РАО к удаляемым или особым, а также классификация удаляемых РАО должны выполняться в соответствии с критериями, установленными нормативными правовыми актами в области использования атомной энергии с учетом требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, регламентирующих обеспечение безопасности при обращении с РАО. В соответствии с Федеральным законом от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» РАО являются не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие ИИИ), содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные в соответствии с критериями, установленными постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069. Система обращения с жидкими и твердыми РАО в структурных подразделениях АО «ГНЦ НИИАР» включает в себя следующие виды деятельности:

- сбор и сортировка РАО – осуществляется в местах их образования и/или переработки с учетом радиационных, физических и химических характеристик в соответствии с системой классификации отходов и с учетом методов последующего обращения с ними. Сортировка первичных жидких и твердых РАО осуществляется для отходов по различным категориям и группам для переработки по принятым технологиям и для подготовки к последующему хранению и захоронению;

- переработка и/или кондиционирование РАО – осуществляется для повышения безопасности обращения с ними за счет уменьшения их объема и перевода в форму, удобную для безопасной транспортировки, хранения и захоронения;
- хранение РАО – осуществляется отдельно для отходов разных категорий и групп в сооружениях, обеспечивающих безопасную изоляцию отходов в течение всего срока хранения и возможность последующего их извлечения;
- транспортирование РАО – предусматривает их безопасное перемещение между местами их образования, переработки, хранения и захоронения с использованием специальных грузоподъемных и транспортных средств.

«Опасные радиационные отходы, возникающие в результате научно-исследовательских работ, имеют разнообразные характеристики в зависимости от используемых материалов и методов исследований» [9].

«Типы материалов:

- радиоактивные изотопы: включают в себя как естественные, так и искусственные радиоактивные элементы, которые используются в различных научных исследованиях;
- радиоактивные соединения: вещества, содержащие радиоактивные изотопы» [15], которые могут быть использованы в медицинских исследованиях, а также в химических исследованиях;
- радиоактивные отходы от экспериментов: могут включать в себя оборудование, материалы и реагенты, которые стали радиоактивными в процессе экспериментов.

Уровень радиоактивности:

- высокоактивные отходы: содержат очень высокие уровни радиоактивности и могут быть опасными для здоровья человека при непосредственном контакте или вдыхании;

- умеренноактивные отходы: имеют умеренные уровни радиоактивности и требуют специальной обработки и хранения для предотвращения потенциального «воздействия на окружающую среду и здоровье людей» [15];
- «низкоактивные отходы: содержат низкие уровни радиоактивности и могут быть» [15] безопасно обработаны и утилизированы при соблюдении соответствующих мер безопасности.

Физическая форма:

- жидкие отходы: включают в себя радиоактивные растворы, эмульсии и смеси, которые требуют специальных систем обработки и утилизации;
- твердые отходы: могут включать в себя оборудование, пробы, образцы и другие материалы, ставшие радиоактивными в результате экспериментов, и требуют особых мер по обработке и хранению.

Химический состав:

- органические отходы: включают в себя органические соединения, которые могут образовываться в результате химических реакций с «радиоактивными веществами»;
- неорганические отходы: включают в себя неорганические соединения и материалы, такие как металлы, керамика и стекло, которые могут стать радиоактивными в результате облучения» [15].

«Продолжительность радиоактивного распада:

- короткоживущие отходы: включают в себя радиоактивные изотопы» [15] с коротким периодом полураспада, которые быстро теряют свою активность;
- долгоживущие отходы: включают в себя радиоактивные изотопы с длительным периодом полураспада, что означает, что они остаются активными в течение длительного времени и требуют особых мер

по обработке и утилизации.

«Изучение этих характеристик позволяет оценить потенциальные риски и разработать эффективные методы обработки, хранения и утилизации радиационных отходов, образующихся при проведении научно-исследовательских работ» [42].

Сведения об объемах радиоактивных отходов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сведения об объемах радиоактивных отходов

| Наименование РАО                    | Вид РАО      | Объемы радиоактивных отходов                  |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| Кубовый остаток                     | Жидкие       | 0,3 м <sup>3</sup> /год                       |
| Низкоактивные сорбенты              | Жидкие       | 0,14 м <sup>3</sup> /год                      |
| Среднеактивные сорбенты             | Жидкие       | 0,1 м <sup>3</sup> /год                       |
| Шламы                               | Жидкие       | 0,001 м <sup>3</sup> /год                     |
| Очень низкоактивные ТРО             | Твердые      | 3,5 м <sup>3</sup> /год                       |
| Низкоактивные ТРО                   | Твердые      | -                                             |
| Среднеактивные ТРО                  | Твердые      | 2,5 м <sup>3</sup> /год                       |
| Высокоактивные ТРО                  | Твердые      | 0,006 м <sup>3</sup> /год                     |
| Система очистки радиоактивного газа | Газообразные | производительность до 93,6 нм <sup>3</sup> /ч |
| Система очистки сдувок из баков     | Газообразные | производительность до 234 нм <sup>3</sup> /ч  |

Источниками ЖРО являются: водный теплоноситель контуров реакторных установок и бассейнов выдержки тепловыделяющих сборок; растворы и обмывочные воды после дезактивации горячих камер радиохимических и материаловедческих лабораторий, производственных помещений и спецодежды АО «ГНЦ НИИАР».

Результаты подтверждающих измерений показателей критериев приемлемости ЖРО (в том числе по химическому составу ЖРО), направляемых на захоронение в настоящее время значительно (на 1-2 порядка) меньше разрешенных критериями приемлемости величин.

Схема размещения основных сооружений ПГЗ ЖРО – скважин различного назначения представлена на рисунке 2.

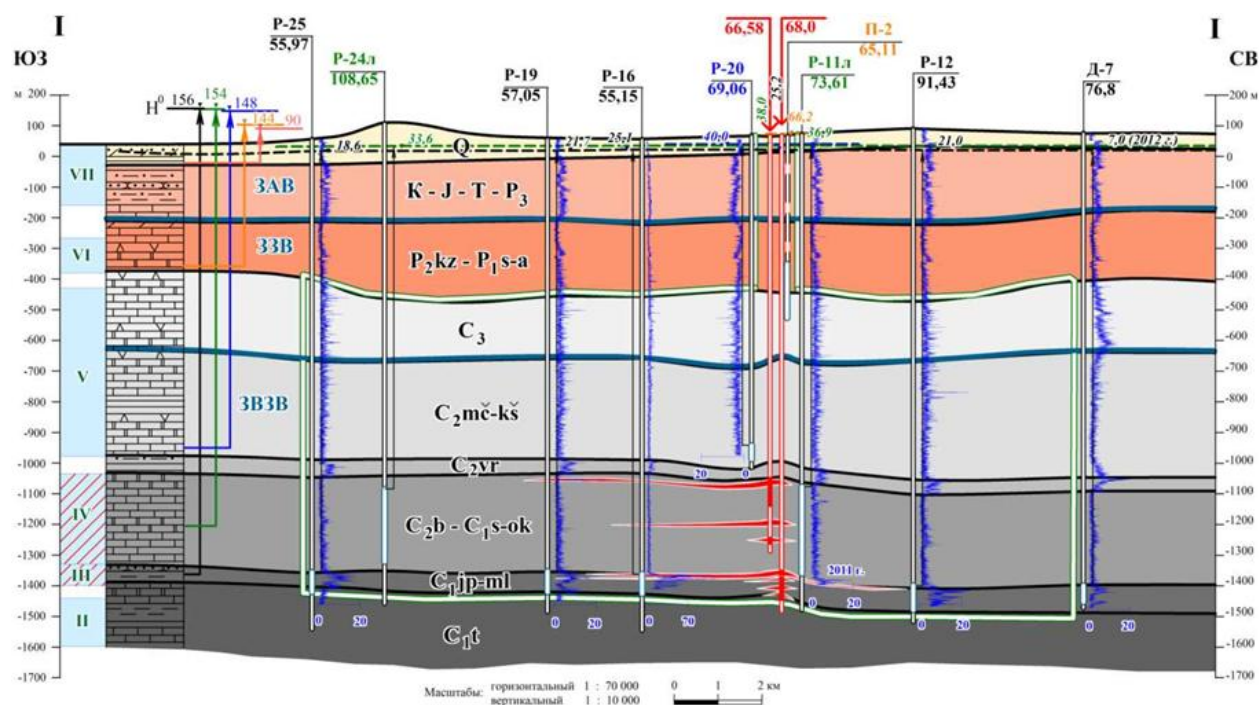


Рисунок 2 – Схема размещения основных сооружений ПГЗ ЖРО – скважин различного назначения

Основные показатели контролируемых параметров в процессе закачки ЖРО в глубинный пласт-коллектор приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Контролируемые параметры

| Контролируемый параметр  | Единица измерения     | Рабочее значение (эксплуатационный предел) |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|
| Расход ЖРО               | м <sup>3</sup> /час   | 1-22,5                                     |
| Давление в трубопроводах | кг/см <sup>2</sup>    | до 60                                      |
| Величина pH ЖРО          |                       | 6-9                                        |
| Мутность                 | —<br>см <sup>-1</sup> | 0-6 (3 горизонт) 0-10 (4 горизонт)         |

Опасные радиационные отходы представляют потенциальные риски как для работников, занятых научными исследованиями, так и для окружающей среды и общества в целом. Их неправильное хранение, обработка и утилизация могут привести к загрязнению почвы, воды и воздуха, а также к повышенному риску онкологических заболеваний и

других здоровье сберегающих последствий [42].

Рассмотрим подробнее потенциальные риски и последствия, связанные с опасными радиационными отходами, образующимися при проведении научно-исследовательских работ.

Социальные и экономические последствия:

- обнаружение радиоактивных загрязнений может привести к панике среди населения, повышению тревожности и недоверия к властям и организациям;
- экономические потери в результате необходимости проведения мероприятий по санации и восстановлению загрязненных территорий.

Длительные последствия – некоторые радиоактивные материалы имеют длительный период полураспада, что означает, что их воздействие на окружающую среду и здоровье человека может продолжаться на протяжении десятилетий или даже веков [40].

Понимание этих потенциальных рисков и последствий играет ключевую роль в разработке мер и стратегий по управлению и «обработке» радиационных отходов. Необходимо проводить регулярные мониторинговые исследования, обеспечивать соблюдение соответствующих норм и стандартов безопасности, а также осуществлять обучение и подготовку персонала, чтобы минимизировать риски и обеспечить безопасность персонала, общества и окружающей среды» [9].

Потенциальные аварийные ситуации – несоблюдение правил и процедур обращения с радиоактивными отходами может привести к авариям, выбросам и инцидентам, которые могут иметь серьезные последствия для здоровья и безопасности людей.

В целях обеспечения безопасности и локализации захораниваемых ЖРО в пределах ограниченной области установлен горный отвод недр. Горный отвод имеет площадь 154,55 км<sup>2</sup>, ограничивается по глубине от 200 м

(подошва татарского яруса нижнекаменноугольных отложений) до 1440 м (кровля турнейского яруса нижнекаменноугольных отложений).

## **1.2 Анализ системы управления отходами на промышленном предприятии**

Рассмотрим систему управления радиоактивными отходами.

«Политика АО «ГНЦ НИИАР» в области экологии (далее – Экологическая политика) является неотъемлемой частью политики по обеспечению безопасной и экономически эффективной эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, научно исследовательских лабораторий и обеспечивающих производств, реализации программ, направленных на сооружение, эксплуатацию, реконструкцию, модернизацию и вывод из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, научных и производственных комплексов, обращению с ОЯТ, РАО и опасными химическими веществами» [9].

Экологическая политика определяет цель, основные принципы и обязательства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. АО «ГНЦ НИИАР» несет на себе ответственность за реализацию Экологической политики, за выделение необходимых для этого ресурсов и принимает одной из своих приоритетных задач обеспечение экологической безопасности.

«Экологическая политика разработана на основе Единой отраслевой экологической политики Госкорпорации «Росатом» и ее организаций (введена в действие приказом Госкорпорации «Росатом» от 05.12.2017 № 1/1232-П)» [9].

«Экологическая политика направлена на реализацию «Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утверждены Президентом РФ

30.04.2012), «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности РФ на период до 2025 года» (утверждены приказом Президента РФ от 01.03.2012 № Пр-539), «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (утверждена Указом Президента РФ от 19.04.2017 № 176)» [9].

«В АО «ГНЦ НИИАР» разработан «Порядок осуществления производственного контроля в области обращения с отходами производства и потребления ОАО «ГНЦ НИИАР» (утвержден первым заместителем директора – главным инженером от 30.06.2009), а также разработана «Инструкция по обращению с отходами производства и потребления (нерадиоактивными) АО «ГНЦ НИИАР» (утверждена главным инженером от 17.02.2016). В 2017-2020 гг. в «Инструкцию по обращению с отходами производства и потребления (нерадиоактивными) АО «ГНЦ НИИАР» были внесены изменения, учитывающие изменения в законодательстве и организационной структуре института, организован электронный учет отходов» [9].

«Производственный экологический контроль обращения с отходами производства и потребления включает в себя:

- контроль наличия разрешительной документации, ведения журналов первичного учета по формам № ОТХ-1 и ОТХ-2, своевременности исполнения отчетности по форме федерального статистического наблюдения № 2-ТП (отходы), исполнения природоохранных решений, включая выполнение плана по реализации экологической политики, планов мероприятий по охране окружающей среды, мероприятий по достижению целей в области экологии;
- визуальный контроль мест накопления отходов, состояния территории СЗЗ на наличие мест несанкционированного размещения отходов;

- контроль качества объектов окружающей среды в районе объекта размещения и накопления отходов: инструментальный контроль атмосферного воздуха, почвы и грунтовых вод;
- контроль соответствия вывозимых отходов производства и потребления паспортам на отходы;
- контроль соблюдения направлений вывоза к местам размещения и переработки отходов;
- контроль и учет количества образующихся и размещаемых отходов производства и потребления;
- плановую оценку класса опасности, паспортизацию и биотестирование отходов» [15].

«В АО «ГНЦ НИИАР» в ходе основной деятельности образуются твердые, жидкие, газообразные РАО (далее – ТРО, ЖРО, ГРО). АО «ГНЦ НИИАР» располагает собственными действующими пунктами хранения твердых и жидких РАО и осуществляет деятельность по обращению с РАО при их транспортировании, хранении и переработке» [9].

«Данные виды деятельности регламентированы лицензией № ГН-07-303-3471 от 28.12.2017 на право обращения с радиоактивными отходами, при их хранении и переработке (срок действия – до 28.12.2027), лицензией № ГН-(У)-03-304-3555 от 12.09.2018 на эксплуатацию пункта хранения радиоактивных отходов (срок действия – до 12.09.2028). Обращение с РАО осуществляются лицами, имеющими соответствующие разрешения» [9].

«Элементы технологической схемы обращения с РАО разного вида включают в себя: вентиляционный центр; пункты хранения средне-и высокоактивных ЖРО, средне- и высокоактивных ТРО, низко- и очень низкоактивных ТРО, пункт контейнерного хранения низко- и среднеактивных ТРО; установку сжигания низкоактивных горючих твердых и жидких РАО» [9].

Основная схема обращения с РАО представлена на рисунке 3.



«Сбор и подготовка ТРО к размещению на долговременное хранение осуществляется в местах их образования, отдельно от нерадиоактивных отходов, персоналом структурных подразделений АО «ГНЦ НИИАР», осуществляющих заявленный вид работ» [9].

«Осуществляется отдельный сбор ТРО как по удельной активности, так и по радионуклидному составу (альфа-, бета, гамма-излучающие РН). На всех этапах обращения с ТРО (сбор, сортировка, упаковка, временное хранение, транспортирование, размещение) осуществляется радиационный контроль с регистрацией в журналах» [9].

«Работы по обращению с ТРО проводятся в соответствии с разработанными инструкциями с использованием средств индивидуальной защиты в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии» [9].

«Для передачи контейнеров ТРО используется существующая транспортная схема и оборудование» [9].

«Размещение ТРО производится в специальные пункты размещения РАО» [9].

«По мере накопления ТРО на участках хранения и истечения регламентного срока хранения, удаляемые РАО будут передаваться в ведение национального оператора по обращению с РАО (АО «ГНЦ НИИАР») для окончательного захоронения» [9].

«На предприятии ведутся работы по созданию комплекса по переработке ТРО, который будет включать операции по сортировке, сжиганию, прессованию, измельчению и дезактивации ТРО, с последующим размещением кондиционированных ТРО в специальных контейнерах и металлических бочках. Данный комплекс позволит снизить объемы ТРО от четырех до 10 раз в зависимости от номенклатуры» [9].

«На промплощадках АО «ГНЦ НИИАР» согласно утвержденному плану-графику осуществляется контроль, проводится мониторинг за

соблюдением нормативов содержания радионуклидов, вредных химических веществ в сточных водах, выбросах, почвах и грунтовых водах» [9].

«Согласно требованиям Федерального закона «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 № -ФЗ, Постановления Правительства Российской Федерации от 28.01.1997 № 93 в АО «ГНЦ НИИАР» ежегодно составляется «Радиационно-гигиенический паспорт юридических и физических лиц, осуществляющих обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения» в целях оценки воздействия радиационного фактора на персонал и население, планирования и проведения мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, анализа эффективности этих мероприятий» [9].

«В АО «ВНИИХТ» обеспечивается соответствие условий эксплуатации и хранения источников ионизирующего излучения действующим санитарногигиеническим требованиям. Для этого проводятся следующие мероприятия: в помещениях, где проводятся работы и хранение источников ионизирующего излучения, ядерных материалов, радиоактивных веществ и РАО по мере необходимости проводится согласно план-графиков ремонт оборудования, ремонт вентиляционной системы, замена фильтров пылегазоочистки, замена устаревшего оборудования. Работы с источниками ионизирующего излучения проводятся по инструкциям, технологическим регламентам» [9].

«По данным результатам производственного экологического контроля воздействия предприятия на окружающую среду и население ничтожно мало, результаты мониторинга показывают, что концентрации в исследуемых пробах не превышают среднего уровня фона г. Димитровград» [9].

Площадка размещения ПГЗ ЖРО расположена в Мелекесском административном районе Ульяновской области, на юго-востоке Европейской части Российской Федерации.

Площадка ПГЗ ЖРО расположена в бассейне среднего течения р.

Волги и ее левого притока р. Большой Черемшан, в области широко развитых древних высоких поволжских террас, в которые врезана долина р. Большой Черемшан со своими эрозионно-аккумулятивными террасами.

Непосредственно территория ПГЗ ЖРО находится на третьей правобережной террасе р. Большой Черемшан, в лесном квартале вблизи водного бассейна Куйбышевского водохранилища. Район расположения площадки на 40% покрыт смешанным лесом.

Поверхностные сооружения ПГЗ ЖРО расположены в пределах промплощадки №1 АО «ГНЦ НИИАР» в непосредственной близости от исследовательских и производственных комплексов (реакторные установки ВК-50 СМ-3, РБТ-6 МИР, РБТ-10 БОР-60, установки материаловедческого и химикотехнологического отдела, отдела радионуклидных источников и препаратов, спецпрачечной, вспомогательных объектов, строительной площадки МБИР).

К востоку от площадки ПГЗ ЖРО, на расстоянии порядка 8 км, расположен г. Димитровград, к западу, на расстоянии 3,5 км – рабочий посёлок Мулловка. К Ульяновск. Ближайшее расстояние от ПГЗ ЖРО до автомагистрали республиканского значения Саранск-Самара – 3500 м.

Расположение основных постов мониторинга, в которых систематически выполняется отбор проб атмосферного воздуха и их последующие лабораторные исследования, приурочено к основным местам проживания населения и производственной деятельности персонала АО «ГНЦ НИИАР»:

- для персонала это главный вход на территорию промплощадки № 1, здание столовой АО «ГНЦ НИИАР» и пункт непосредственно на промплощадке № 1;
- для населения – районы города Димитровград и крупных поселков.

Негативное воздействие газообразных выбросов АО «ГНЦ НИИАР», по данным мониторинга, на население практически отсутствует, так как

данное предприятие расположено в лесном массиве, на достаточном расстоянии (более 3 км) от населенных пунктов.

По химическим показателям в последние годы были установлены единичные факты превышения ПДК по содержанию оксида углерода и пыли, что обусловлено влиянием автотранспорта. По радиационным показателям превышений установленных пределов за весь период наблюдений зафиксировано не было.

Результаты исследований параметров радиационной обстановки, проведенных в 2019-2021 годах ФГБУЗ ЦГиЭ № 172 ФМБА России в рамках государственного мониторинга, свидетельствуют об отсутствии негативного воздействия на население деятельности АО «ГНЦ НИИАР».

Радиационная обстановка в г. Димитровград и его окрестностях характеризуется нормальными фоновыми значениями и составляет от 0,08 до 0,13 мкЗв/ч.

Радиационная обстановка на территории, прилегающей к объектам ПГЗ ЖРО, и дорогах, подходящих к данным объектам, приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Радиационная обстановка на исследуемой территории

| Объект                  | Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, мкЗв/час |              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
|                         | средняя                                                         | максимальная |
| Территория скважины Н-1 | 0,07                                                            | 0,15         |
| Территория скважины Н-2 | 0,15                                                            | 0,50         |
| Территория скважины Н-3 | 0,08                                                            | 0,15         |
| Территория скважины Н-4 | 0,40                                                            | 0,90         |
| Территория здания 190   | 0,08                                                            | 0,16         |

Опыт эксплуатации ПГЗ ЖРО позволяет также сделать вывод, что отходы, не являясь агрессивными по отношению к вмещающим терригенно-карбонатным породам пластов-коллекторов, не вызывают процессов растворения пород и карстообразования. Процессы газообразования также не проявляются, что исключает вероятность выбросов из скважин газоводяной

смеси. Таким образом, гидродинамическое и гидрохимическое воздействие ПГЗ ЖРО на недра является допустимым, а гидрохимическое и геодинамическое состояние недр - приемлемым, прогнозируемым и позволяющим продолжить захоронение отходов до окончания проектного срока эксплуатации.

Вывод по разделу.

В разделе определены:

- нормативные документы, согласно которых проводится управление отходами в организации;
- виды отходов образующихся на предприятии;
- способы удаления отходов с территории предприятия.

Для обеспечения безопасности и устойчивого развития необходимо уделять повышенное внимание мерам по предотвращению аварийных ситуаций, соблюдению правил и нормативов, а также проведению обучения и подготовки персонала. Также важно развивать инновационные методы обработки и утилизации отходов, направленные на минимизацию их воздействия на окружающую среду и общественное здоровье [41].

Кроме того, необходимо проводить систематический мониторинг и контроль за радиационными отходами, а также обеспечивать прозрачность и доступность информации о них для общественности. Только такой комплексный подход позволит справиться с вызовами, связанными с управлением радиоактивными отходами, и обеспечить безопасное и устойчивое будущее для всех.

В ходе исследования данного раздела были решены следующие задачи:

- проведён анализ требований нормативно-правовых актов и нормативных документов к документам управления отходами;
- проведён анализ отходов, образующихся на предприятии;
- проведён анализ системы управления отходами;
- выявлены проблемы в области обращения с отходами.

## **2 Разработка комплекса мероприятий по управлению отходами на промышленном предприятии**

### **2.1 Разработка типовой программы управления отходами промышленного предприятия**

Нормативные требования, регулирующие обращение с опасными радиационными отходами, играют ключевую роль в обеспечении безопасности человека и окружающей среды. Радиационные отходы возникают в результате различных процессов, включая ядерные реакции в атомных электростанциях, медицинские исследования, промышленные процессы и другие. Их неправильное обращение может представлять серьезные угрозы для здоровья человека и окружающей среды, включая радиационное заражение и загрязнение водных и земельных ресурсов.

Целью нормативных требований является обеспечение безопасного обращения с «радиационными отходами на всех этапах их жизненного цикла – от генерации до окончательной утилизации. Нормативы определяют правила и стандарты для идентификации, классификации, упаковки, маркировки, транспортировки, хранения, обработки и утилизации радиационных отходов» [15]. Эти требования разрабатываются с учетом научных данных и лучших практик в «области радиационной безопасности и являются неотъемлемой частью деятельности, связанной с радиационными материалами» [36].

В данном разделе рассмотрим «основные нормативные требования, которые должны соблюдаться при обращении с опасными радиационными отходами, и их роль в обеспечении безопасности и защиты окружающей среды» [36].

«Основными документами, представляющими требования к управлению радиоактивными отходами, являются:

- Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [6];
- Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [4];
- Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3];
- Постановление Правительства Российской Федерации от 01.12.1997 № 1511 «Об утверждении Положения о разработке и утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии» [5].

Настоящие федеральные нормы и правила устанавливают цели, принципы и общие требования к обеспечению безопасности при обращении с радиоактивными отходами.

Цели обеспечения безопасности при обращении «с радиационными отходами (далее по тексту – РАО) направлены на защиту как работников и населения, так и окружающей среды от потенциальных радиационных воздействий. Вот основные цели» [36]:

- обеспечение надежной защиты работников и населения от радиационного воздействия радиоактивных отходов, путем соблюдения и превышения установленных норм радиационной безопасности для минимизации рисков для здоровья;
- обеспечение надежной изоляции жидких и твердых радиационных отходов от окружающей среды;
- «предотвращение выбросов в окружающую среду в количествах, превышающих установленные пределы» [36].

«При обращении с радиационными отходами (РАО) необходимо соблюдать ряд принципов, которые направлены на обеспечение безопасности работников, населения и окружающей среды. Вот основные из них» [36]:

- обеспечение приемлемого уровня защищенности работников и населения от радиационного воздействия РАО в соответствии с принципами обоснования, нормирования и оптимизации;
- обеспечение приемлемого уровня защищенности окружающей среды от вредного радиационного воздействия РАО;
- учет взаимозависимости между стадиями образования радиационных отходов и стадиями их обращения;
- защита будущих поколений от радиационного воздействия РАО, это включает предотвращение превышения допустимых уровней облучения населения, установленных нормативными актами, и не возложение необоснованного бремени на будущие поколения;
- контроль за образованием и накоплением радиационных отходов с целью ограничения их образования и накопления на минимальном практически достижимом уровне;
- разработка и внедрение мер предупреждения аварий, а также планов действий в случае возникновения аварийных ситуаций для минимизации их воздействия на окружающую среду и население.

Обеспечение безопасности при обращении с РАО осуществляется на основе принципа многобарьерности, который основан на использовании системы физических барьеров для предотвращения распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду [43]. Количество и функции барьеров должны быть определены и обоснованы в проектной документации объекта использования атомной энергии.

Технические и организационные решения по обеспечению безопасности при обращении с РАО должны соответствовать целям, принципам и требованиям безопасности, установленным федеральными нормами и правилами. Они должны быть представлены и обоснованы в проекте и отчете по обоснованию безопасности объекта использования

атомной энергии. Эксплуатирующая организация должна поддерживать соответствие информации, содержащейся в отчете, фактическому состоянию объекта и проекту на протяжении всего срока его эксплуатации и вывода из эксплуатации (закрытия).

Проектирование, конструирование, изготовление и монтаж систем (оборудования), предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, должны также осуществляться в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Это включает классификацию систем по назначению, влиянию на безопасность, характеру выполняемых функций безопасности, а также по категориям сейсмостойкости, пожаро- и взрывоопасности.

При обращении с радиоактивными отходами обязательно должен осуществляться радиационный контроль в соответствии с требованиями санитарных правил и нормативов радиационной безопасности.

Радиационный контроль при обращении с РАО включает следующие виды контроля:

- контроль облучения работников (персонала);
- контроль радиационной обстановки в производственных помещениях и на площадке объекта использования атомной энергии, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения, установленных для данного объекта;
- радиационный технологический контроль, включая контроль радиационных характеристик РАО, контроль сбросов и выбросов радиоактивных веществ.

Объем, методы и средства радиационного контроля при обращении с РАО должны быть установлены и обоснованы в проекте и указаны в эксплуатационной документации объекта.

В проектной и эксплуатационной документации ОИАЭ должны быть определены:

- виды радиационного контроля;
- объекты радиационного контроля;
- контролируемые параметры и их допустимые значения;
- порядок и периодичность проведения радиационного контроля;
- перечень технических средств для проведения радиационного контроля, их технические характеристики и соответствующее методическое обеспечение;
- перечень должностей, численность и квалификация работников (персонала) для осуществления радиационного контроля.

Эксплуатирующая организация обязана обеспечить учет и контроль радиоактивных отходов в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Для обеспечения безопасности при обращении с РАО до их захоронения и после него, эксплуатирующая организация должна установить систему регистрации, ведения и хранения документации по обращению с РАО в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Эксплуатирующая организация обязана обеспечить физическую защиту радиоактивных отходов, пунктов их хранения и захоронения в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

Для осуществления работ по обращению с радиоактивными отходами объекта использования атомной энергии должен быть укомплектован работниками, имеющими необходимую квалификацию и допущенными в установленном порядке к самостоятельной работе. Система подбора и подготовки работников, выполняющих работы по обращению с РАО, должна направляться на достижение, контроль и поддержание уровня их квалификации, необходимого для безопасного выполнения работ по обращению с РАО, а также противоаварийных действий при нарушениях нормальной эксплуатации объекта, включая аварии. Эксплуатирующая

организация должна разработать эксплуатационную документацию, включая инструкции и руководства, регламентирующие выполнение работ по обращению с РАО, и действия работников при нормальной эксплуатации и возможных нарушениях, включая аварийные ситуации.

«Для обеспечения безопасности при обращении с радиоактивными отходами (РАО), эксплуатирующая организация обязана разрабатывать и внедрять меры по предотвращению аварий» [36] и ликвидации их последствий в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии. Такие меры должны основываться на анализе радиационных последствий возможных аварий и включать как технические решения, так и организационные мероприятия.

Обращение с радиоактивными отходами, включая их размещение, сооружение, эксплуатацию и вывод из эксплуатации (закрытие) объектов использования атомной энергии, проектирование (конструирование) и изготовление важных для безопасности систем (элементов) объекта и оборудования, а также подготовка, ведение и хранение документации по обращению с РАО и выполнение других работ, влияющих на обеспечение безопасности при обращении с РАО, должны подпадать под деятельность по обеспечению качества как эксплуатирующих организаций, так и организаций, осуществляющих работы и предоставляющих услуги в области использования атомной энергии, в соответствии с требованиями нормативных документов.

Для определения необходимости принятия технических решений и организационных мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности при обращении с радиоактивными отходами на эксплуатируемых объектах использования атомной энергии, эксплуатирующей организацией должен проводиться анализ текущего уровня безопасности ОИАЭ, включая безопасность при обращении с РАО.

Для эксплуатируемых пунктов временного и долговременного

хранения РАО, пунктов размещения и консервации особых РАО, а также закрываемых пунктов захоронения твердых РАО и пунктов глубинного захоронения жидких РАО, необходимо провести оценку долговременной безопасности системы размещения (захоронения) РАО. Под системой размещения (захоронения) РАО понимается совокупность природного геологического образования, сооружений и оборудования пунктов захоронения и размещенных в нем РАО [44]. Результаты анализа и оценки должны быть отражены в отчете по обоснованию безопасности объекта.

По результатам анализа и оценки эксплуатирующей организацией должны быть выполнены соответствующие обоснованные мероприятия, направленные на реализацию требований настоящих федеральных норм и правил. Эти мероприятия должны быть включены в программу, разрабатываемую и утверждаемую эксплуатирующей организацией.

При эксплуатации объектов использования атомной энергии, включающих ядерные установки или пункты хранения радиоактивных отходов, и осуществляемой на основании лицензии сроком более 10 лет, эксплуатирующая организация обязана проводить периодическую оценку безопасности объекта. Эта оценка должна включать оценку безопасности при обращении с РАО на объекте.

Периодическая оценка безопасности должна выполняться в соответствии с программой, которая разрабатывается и утверждается эксплуатирующей организацией.

Радиоактивные отходы «образуются как в течение производственного цикла, так и в ходе снятия установок с эксплуатации. Основные этапы процесса обращения с радиоактивными отходами, начиная с их образования до захоронения, представлены на рисунке 3 с указанием целей или операций, составляющих эти этапы. Прохождение радиоактивных отходов через эти этапы зависит от вида отходов, для выяснения которого проводится определение их физических, химических и радиационных свойств

(характеризация). В результате часть отходов может быть освобождена от контроля или направлена на повторное использование; кроме того, отходы разделяются на группы для обеспечения соответствия принятым методам обработки, а также требованиям хранения и захоронения. Данные о характере и свойствах отходов передаются с одной стадии обработки на другую для их регистрации, учета и документирования» [13].

«Предварительная обработка представляет собой первоначальную стадию обращения с отходами, которая начинается непосредственно после их формирования. Этот этап играет ключевую роль, поскольку обеспечивает оптимальные возможности для классификации отходов на потоки, пригодные для освобождения от контроля, а также для выбора конкретных методов обработки и их последующего поверхностного или геологического захоронения» [36].

Основные стадии обращения с радиоактивными отходами представлены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Основные стадии обращения с радиоактивными отходами

Обработка отходов нацелена на увеличение безопасности или экономичности путем изменения их характеристик. Примеры операций, входящих в эту фазу обращения, включают прессование и сжигание (для уменьшения объема), выпаривание, фильтрацию или ионный обмен в жидких отходах (для удаления радионуклидов), а также осаждение или флокуляцию химических веществ (для изменения состава). Часто некоторые из этих процессов комбинируются для повышения общей эффективности обработки.

Кондиционирование радиоактивных отходов включает в себя серию операций, в результате которых они превращаются в форму, обладающую химической, термической и радиационной устойчивостью, и остаются стабильными в процессе перемещения, транспортировки, хранения и захоронения. Процессы перевода отходов в твердую форму путем отверждения, включения в матрицу или упаковки в герметичные оболочки известны как иммобилизация. Иммобилизованные отходы затем могут быть упакованы в различные контейнеры, начиная от стандартных 200-литровых стальных бочек до сложных контейнеров с толстыми стенками.

«Выбор матричного материала для кондиционирования зависит от характеристик и свойств самих отходов. Связующий материал должен обладать высокими изоляционными свойствами (стойкость к выщелачиванию) и хорошей совместимостью с компонентами отходов, чтобы минимизировать объем конечного продукта. Матричные материалы для иммобилизации радиоактивных отходов могут быть органическими (например, битум, полимеры), неорганическими (цемент, стекло, керамика, стеклокерамика), металлическими или композиционными, состоящими из нескольких матриц. Наиболее высокую устойчивость обеспечивают гомогенные (или квазигомогенные) формы кондиционированных отходов, где компоненты отходов встроены в структуру материала на молекулярном уровне, как, например, в керамических формах радиоактивных отходов. Менее устойчивы гетерогенные формы, где частицы радиоактивных отходов

механически распределены в матрице, такие как битумно-солевые компаунды, битумированные и цементированные радиоактивные отходы и другие. Наиболее распространенными методами иммобилизации на данный момент являются цементирование или битумирование для низко- и среднеактивных жидких радиоактивных отходов, а также остекловывание для высокоактивных жидких радиоактивных отходов» [7].

Важно отметить, что в рамках различных этапов или между ними может происходить хранение и транспортировка радиоактивных отходов. Хранение осуществляется с учетом классификации отходов и возможности их изъятия для последующей переработки или захоронения. Тип и конструкция инженерных сооружений для хранения должны соответствовать характеристикам отходов и их упаковке. Временное хранение радиоактивных отходов направлено на упрощение и повышение эффективности последующей обработки путем снижения уровня радиоактивности. Временное хранение короткоживущих изотопов направлено на уменьшение объемов отходов в течение времени естественного распада. Безопасная транспортировка отходов от места образования к установкам переработки, хранения и захоронения осуществляется с использованием специализированных транспортных и грузоподъемных средств.

«Захоронение является последним этапом обращения с радиоактивными отходами. Оно заключается в погребении отходов в специально оборудованном месте, известном как могильник, с обеспечением соответствующей безопасности и без намерения извлечения отходов в будущем. Захоронение включает в себя долгосрочное наблюдение за могильником и его техническое обслуживание. Этот процесс предусматривает создание многобарьерной системы изоляции, которая состоит из различных естественных и инженерных барьеров вокруг радиоактивных отходов, предотвращающих выброс радионуклидов в окружающую среду» [31].

Эффективное управление радиоактивными отходами является ключевым элементом безопасности в области ядерной энергетики и других промышленных секторах, использующих радиоактивные материалы. Правильное применение научных и технических подходов к обращению с отходами играет важную роль в обеспечении безопасности общества и окружающей среды, а также способствует устойчивому развитию нашего мира.

Для успешного и эффективного управления радиоактивными отходами, а также повышение экономической выгоды на предприятии необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами.

Твердые ВАО, САО и НАО собираются в механически прочные, с надежными запорами и приспособлениями для подъёма сборники-контейнеры ТРО. Конструкция контейнера-сборника многократного использования исключает рассеивание радионуклидов.

Операции по загрузке и выгрузке технологических ТРО проводятся в закрытых камерах (защитных периметрах), оснащенных системами спецвентиляции, КИП, системой радиационного контроля (СРК) и дистанционным наблюдением.

Предусмотрена система трехзонального обслуживания. Вентиляция защитных периметров выполняется по требованиям, предъявляемых к помещениям I зоны.

Перед выбросом в вентиляционную систему предприятия сдувочный воздух проходит очистку аэрозольными фильтрами.

Конструкция оборудования и вспомогательных узлов предусматривает обеспечение безопасности эксплуатации и исключение выхода радионуклидов в рабочую зону и окружающую среду.

Технологическая схема захоронения ЖРО представлена на рисунке 5.

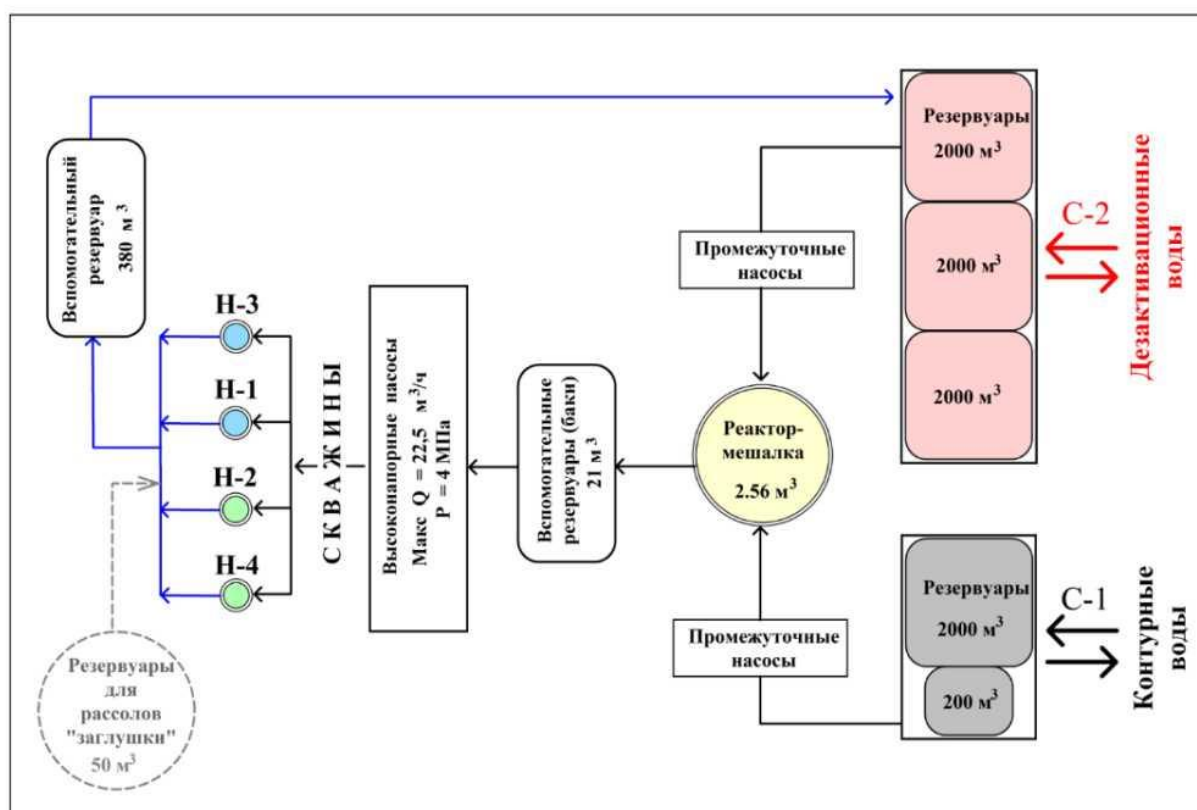


Рисунок 5 – Технологическая схема захоронения ЖРО

Для осуществления нагнетания отходов в поглощающие горизонты на ОПП оборудованы 4 нагнетательные скважины, по 2 на каждый поглощающий

В пункт глубинного захоронения удаляют жидкие радиоактивные отходы с удельной активностью не более 37 кБк/г.

Захораниваемые отходы включают два основных вида: пресные и солоноватые растворы от дезактивации оборудования, помещений и спецодежды, душевые воды санпропускников; ультрапресные контурные воды и воды бассейнов выдержки.

В соответствии с основными принципами глубинного захоронения ЖРО не требуется специальных консервационных мероприятий, проводимых непосредственно в недрах – в эксплуатационных и вышележащих горизонтах. Выбор геологической формации, отвечающей определённым

условиям, схемы и режимов захоронения отходов обеспечивают локализацию отходов в пределах горного отвода недр в течение устанавливаемого периода времени.

Наиболее ответственными сооружениями, от технического состояния которых во многом зависит надежность локализации отходов в недрах после закрытия ПГЗ ЖРО, являются буровые скважины. Они будут приведены в техническое состояние, обеспечивающее надежное разобщение всех пересекаемых скважиной горизонтов. Для воссоздания в месте бурения скважин природных условий, которые обеспечивают надежную изоляцию отходов, будут применяться материалы в наибольшей степени близкие по составу и свойствам естественным образованиям.

Таковыми материалами являются цементы и бетоны различного состава, бентонит, цеолиты и им подобные.

Мониторинг планируется проводить, в том числе, в имеющихся скважинах системы мониторинга ПГЗ ЖРО в пределах СЗЗ и горного отвода.

В соответствии с «Обоснованием продления проектных сроков эксплуатации пункта глубинного захоронения (глубокого хранилища) жидких радиоактивных отходов «опытно-промышленный полигон» и решением ГКЗ Роснедра, проектная пиковая годовая производительность составляет 200 тыс. м<sup>3</sup> (из расчета до 550 м<sup>3</sup>/сут), общая проектная вместимость ПГЗ ЖРО составляет до 5 млн. м<sup>3</sup> ЖРО.

Входной контроль, поступающих на захоронение РАО, предусматривается осуществлять путем проведения лабораторных исследований проб каждой партии отходов. После проверки соответствия полученных значений контролируемых показателей и компонентов критериям приемлемости, должно производиться нагнетание отходов в эксплуатируемый пласт-коллектор через выбранную нагнетательную скважину.

Непосредственно в процессе нагнетания отходов выполняется контроль

расхода и объема отходов, давления нагнетания.

Измерение и регистрация давления на работающей нагнетательной скважине выполняются в лифтовой колонне труб и в межтрубном пространстве между лифтовой и эксплуатационной колонной труб по дистанционным манометрам на щите управления. Фиксируется точное время пуска и остановки нагнетания, время отбора пробы отходов для исследований их характеристик. Измерение и регистрация расхода и объема нагнетаемых отходов осуществляются по расходомеру и интегратору-счетчику.

В пробах отходов, отобранных во время нагнетания (технологический контроль), определяются: удельная суммарная бета-активность, водородный показатель pH, мутность. Пробы отходов отбираются в среднем 4 раза в сутки. Один раз в сутки измеряются и регистрируются плотность и температура отходов. Также регистрируется объем ЖРО, захороненный за оперативный интервал времени - период времени между моментами времени отбора проб отходов.

## **2.2 Предложения по усовершенствованию системы управления отходами на предприятии**

Радиационные отходы, образующиеся при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на АО «ГНЦ НИИАР», «представляют собой особую категорию материалов, требующих специального внимания и анализа. Эти отходы включают в себя разнообразные элементы, загрязненные радиоактивными веществами в результате проведения экспериментов, тестирования и научных исследований» [36] в области атомной энергетики и ядерных технологий. В связи с этим, правильный анализ состава радиационных отходов является критически важным этапом в оценке их пригодности к дальнейшему

использованию и обработке.

Анализ состава радиационных отходов важен для определения их потенциального воздействия на окружающую среду и здоровье людей, а также для разработки стратегий управления и обработки этих отходов. Вот некоторые основные шаги и методы, которые могут быть использованы при таком анализе:

- определение химического состава радиационных отходов позволяет оценить типы и концентрации радиоактивных элементов в отходах;
- измерение радиоактивного состава отходов позволяет определить уровень и тип радиоактивного загрязнения, это может включать в себя измерение активности радионуклидов с использованием спектрометрии или других методов радиометрии;
- определение физической формы радиационных отходов важно для понимания их поведения при «обработке, транспортировке и хранении, отходы могут быть в виде твердых материалов, жидкостей или газов;
- оценка тепловыделения отходов важна для «безопасного проектирования и обработки хранилищ и захоронений» [36], некоторые радиоактивные материалы могут выделять тепло при распаде;
- определение химической стабильности отходов важно для «оценки их долговременного воздействия на окружающую среду и здоровье людей;
- разработка стратегии обработки и захоронения;
- результаты анализа радиационных отходов должны соответствовать применимым стандартам и регулированиям в области радиационной безопасности и защиты окружающей среды» [36].

Эти шаги помогают оценить пригодность радиационных отходов к использованию и разработать меры по их безопасному управлению.

Отходы становятся радиоактивными из-за нестабильности атомов, которые, подвергаясь трансформации в стабильные, испускают ионизирующее излучение. Это излучение может иметь потенциально вредные последствия для здоровья и окружающей среды. Поэтому важно обращаться с радиоактивными отходами безопасным образом, чтобы защитить население и окружающую среду, и предотвратить возникновение проблем с отходами в будущем.

Радиоактивные отходы возникают в результате различных операций ядерного топливного цикла, таких как производство электроэнергии на атомных электростанциях, изготовление топлива и другие этапы цикла, включая добычу и переработку урановой и ториевой руд.

В некоторых странах отработанное ядерное топливо рассматривается как радиоактивные отходы, поскольку у него нет других применений. В то время как в других странах отработанное ядерное топливо используется как сырье для дальнейшей переработки.

Процесс переработки создает разнообразные типы радиоактивных отходов, включая высокоактивные и тепловыделяющие материалы, которые обычно упаковываются в стеклянные матрицы, а также другие виды отходов, например, металлические оболочки, отделяемые от тепловыделяющих элементов перед обработкой.

Радиоактивные отходы также формируются в результате разнообразных деятельности в промышленности, медицине, научно-исследовательской работе и сельском хозяйстве. Большая часть таких отходов представляет собой изъятые из эксплуатации закрытые радиоактивные источники.

Закрытые источники используются в различных областях; например, высокоактивные кобальтовые источники применяются в радиотерапии онкологических заболеваний. Эти источники становятся радиоактивными отходами, когда они больше не используются или утрачивают свою

пригодность для первоначального назначения.

Радиоактивные отходы также образуются в результате деятельности и процессов, в ходе которых радиоактивные материалы природного происхождения в концентрированной форме попадают в отходы. Один из таких примеров – обедненный уран, побочный продукт производства ядерного топлива, который может также быть отнесен к категории радиоактивных отходов, если его дальнейшее использование не планируется.

Вывод из эксплуатации ядерных установок и очистка загрязненных территорий также влекут за собой образование радиоактивных отходов, которые подлежат обработке и, в конечном итоге, захоронению. Для минимизации объема радиоактивных отходов в этой сфере применяется ряд различных методов. Тем не менее, этот процесс часто приводит к накоплению различных материалов, таких как бетон и металл, в больших количествах.

Очистка загрязненных участков включает в себя неизбежное удаление загрязненного грунта и почвы. В процессе такой очистки могут возникать радиоактивные отходы в виде земли и других материалов, которые требуют специализированной обработки и утилизации.

Радиационные риски, с которыми могут столкнуться работники, общественность и «окружающая среда в результате воздействия радиоактивных отходов, должны подвергаться оценке и, при необходимости, контролироваться» [36].

«Радиоактивные отходы различаются не только по содержанию радиоактивных веществ и уровню их активности, но и по физическим и химическим свойствам» [36].

«Однако общей чертой для всех радиоактивных отходов является их потенциальная опасность для человека и окружающей среды» [36]. Этот потенциальный риск может быть, как незначительным, так и значительным, и может варьироваться в зависимости от характеристик конкретных отходов

и условий их воздействия.

Для снижения всех рисков, «связанных с радиоактивными отходами, до приемлемых уровней необходимо учитывать различные характеристики и свойства этих отходов, а также широкий спектр потенциальных опасностей. При выборе метода обращения с радиоактивными отходами» [36] и их захоронения следует учитывать весь жизненный цикл этих отходов – от момента их образования до момента окончательного захоронения.

Это означает, что поток радиоактивных отходов должен быть обработан таким образом, чтобы они приобрели стабильные и неразрушимые формы, были сведены к минимуму по объему и иммобилизованы насколько это возможно. Кроме того, отходы должны быть помещены в контейнеры для облегчения их хранения, транспортировки и захоронения [45].

«В некоторых случаях радиоактивные отходы могут представлять угрозу для безопасности, и этот аспект также должен учитываться при их обращении. Подобные угрозы должны быть определены и соответствующим образом уменьшены, чтобы обеспечить безопасность персонала, общественности и окружающей среды» [36].

Для обеспечения адекватного обращения с радиоактивными отходами, АО «ГНЦ НИИАР» устанавливает нормы безопасности, включающие в себя руководства по классификации этих отходов с учетом их физических, химических и радиологических свойств.

Эти нормы предназначены для облегчения применения соответствующих методов обращения с отходами и выбора безопасных мест для их захоронения.

Классификация радиоактивных отходов согласно рекомендациям АО «ГНЦ НИИАР» позволяет идентифицировать опасности, связанные с этими отходами, и принять соответствующие меры по их обработке, хранению и захоронению. АО «ГНЦ НИИАР» устанавливает нормы безопасности с «целью облегчить правильное обращение с радиоактивными отходами» [14].

«Среди этих норм важное место занимает руководство по безопасности, включающее общие стандарты классификации радиоактивных отходов» [36].

Главное внимание в этой системе классификации уделяется долгосрочной безопасности, которая требует применения адекватных подходов к захоронению и обработке, учитывая различные типы радиоактивных отходов. В рамках этой системы выделены шесть классов отходов (рисунок 6):

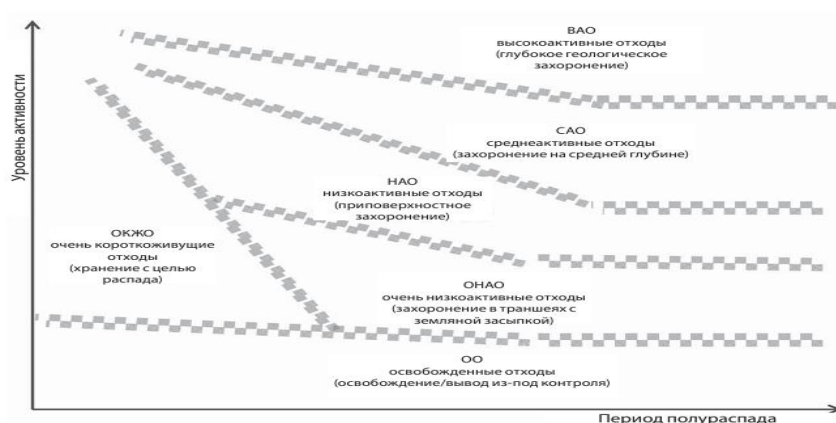


Рисунок 6 – Система классификации отходов

Классификация радиоактивных отходов по шести установленным категориям предоставляет основу для более эффективной оценки и управления радиационными рисками, связанными с обработкой и захоронением радиоактивных материалов. Каждый класс отходов имеет свои уникальные характеристики и требования по обращению, что позволяет учитывать различные уровни радиационной активности и продолжительности их выделения. Такой подход способствует минимизации потенциальных негативных воздействий на окружающую среду и здоровье человека, обеспечивая безопасное управление радиоактивными отходами на всех этапах их жизненного цикла, от их образования до окончательного захоронения.

В ходе научно-производственной работы в институте возникает образование жидких радиоактивных отходов. Система их управления реализуется через специальные комплексы, действующие на местах образования и занимающиеся обращением с радиоактивными отходами. Жидкие радиоактивные материалы направляются на долгосрочное хранение высокоактивных отходов и сбор, подготовку и передачу на захоронение низко- и среднеактивных отходов на опытно-промышленный полигон для глубинного захоронения. Процесс приема отходов и контроля состояния полигона осуществляется филиалом ФГУП «НО РАО» в Димитровграде. Полигон представляет собой комплекс подземных и наземных сооружений, «предназначенных для захоронения жидких низко- и среднеактивных отходов в глубокие геологические формации, изолированные от подземных вод» [36].

«В соответствии с обязательствами Российской Федерации по конвенции [8], план госкорпорации «Росатом» нацелен на сокращение объема жидких радиоактивных отходов» [36] до полного прекращения их захоронения к 2035 году. После этого отходы будут преобразованы в твердую форму и подвергнуты оценке соответствия критериям приемлемости [2]. Для обоснования сокращения объема таких отходов (рисунок 7) и реализации плана была разработана концепция сокращения их образования и закачки в полигон глубинного захоронения, определяющая цели, задачи и основные направления деятельности.

Для успешной реализации плана необходимо решить ряд задач, включая разработку проектных решений, технологий и технических средств для обращения с жидкими радиоактивными отходами, возникающими при эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов атомной энергетики. В этом контексте был заключен договор с акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (далее – АО «ВНИИАЭС»), который

предусматривает выполнение проекта по обследованию существующей системы обращения с «жидкими радиоактивными отходами и разработке установки для их переработки в АО «ГНЦ НИИАР» [1].

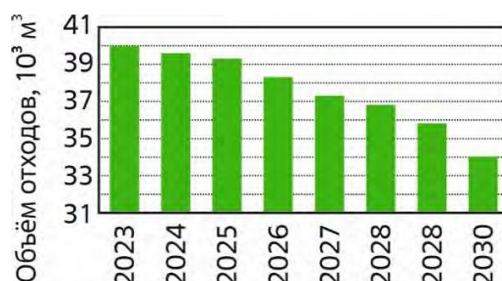


Рисунок 7 – Планируемый годовой объём передачи жидких низко- и среднеактивных радиоактивных отходов

Совместно с экспертами АО «ВНИИАЭС» было проведено обследование системы обращения с жидкими радиоактивными отходами, включающее анализ следующих аспектов:

- проектной документации существующих систем сбора, «транспортировки и хранения жидких радиоактивных отходов, а также потоков образования таких отходов с учетом опыта эксплуатации;
- объема жидких радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации объектов атомной энергетики;
- современных методов переработки и кондиционирования жидких радиоактивных отходов» [36], а также их эксплуатационного опыта с датой начала не ранее 2015 года.

Анализ целесообразности и возможных путей внедрения предложенных мер в производственные процессы представляет собой важный этап для обеспечения успешной реализации плана.

Сначала необходимо оценить экономическую и техническую целесообразность предложенных мер, включая затраты на разработку и

внедрение новых технологий, оборудования и установок для «обращения с радиоактивными отходами. Должно быть проведено сравнение стоимости внедрения и эксплуатации новых систем с ожидаемыми выгодами от повышения эффективности и безопасности обращения с отходами» [36].

Кроме того, необходимо учитывать существующие нормативные требования и стандарты, включая требования Международного агентства по атомной энергии и других регулирующих организаций, чтобы убедиться, что предложенные меры соответствуют всем необходимым нормам безопасности и экологическим стандартам [1]. Важным аспектом является также оценка возможных рисков и препятствий при внедрении новых технологий и процессов, а также разработка плана мер по их минимизации или устранению. Потенциальные пути внедрения включают в себя поэтапную реализацию мер, начиная с пилотных проектов и постепенного масштабирования успешных решений на всем предприятии. Также важно обеспечить обучение персонала новым процессам и технологиям, а также разработать стратегию по мониторингу и контролю над реализацией плана.

В целом, успешная реализация плана будет зависеть от тщательного анализа целесообразности, учета всех рисков и препятствий, а также грамотного планирования и внедрения, новых мер в производственные процессы.

АО «ГНЦ НИИАР» занимается проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерных технологий. В процессе этой деятельности возникают различные радиоактивные отходы, требующие эффективного обращения и управления.

После анализа текущих процессов обнаруживается, что существующая система обращения с радиоактивными отходами не всегда обеспечивает достаточный уровень безопасности и эффективности. Для улучшения ситуации предлагается разработать и внедрить новые методы обращения с отходами. Одним из самых важных пунктов по предотвращению и

минимизации рисков при обращении с радиационными отходами, является разработка, соблюдение и постоянный мониторинг комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами.

В нем должно быть расписаны, все этапы обращения с отходами. План должен быть акцентирован на определенный тип предприятия, и включать в себя все особенности работы на нем. В комплексе мероприятий необходимо внедрение современного оборудования для обработки и утилизации отходов. Одним из таких оборудований может служить печь, для сжигания радиоактивных отходов. Для успешного внедрения современных оборудований, также необходимо в комплекс мероприятий добавить пункт, по обучению персонала, работы с новыми технологиями и новым оборудованием. Для переработки отходов предлагается внедрить печь для сжигания радиоактивных отходов [10]. Этот процесс включает в себя нагревание радиоактивных отходов до очень высоких температур в отсутствие кислорода, что приводит к их разложению на элементарные составляющие. После этого происходит химическая обработка полученных продуктов для извлечения радиоактивных элементов и превращения их в стабильные соединения. Преимуществом этого метода является возможность обработки широкого спектра радиоактивных материалов, включая использованные топливные элементы из ядерных реакторов. Это позволяет не только уменьшить объем радиоактивных отходов, но и извлечь ценные ядерные материалы для повторного использования или безопасного хранения.

Рассмотрим наиболее современный вариант печи для сжигания радиоактивных отходов, предназначенных для подготовки к захоронению твердых и жидких радиоактивных отходов, по сравнению с уже имеющимися.

«Печь для сжигания радиоактивных отходов, содержащая загрузочный узел с размещенными в нем загрузочной камерой и подвижным тепловым

шибером с управляемым приводом, а также корпус, внутри которого расположены соединенные между собой газоотводным каналом камера сжигания с размещёнными в ней колосниковыми поворотными решетками с управляемыми приводами, снабженная устройством для подвода топлива и впрыска жидких радиоактивных отходов, устройством для охлаждения печи, и камера дожигания отходящих газов, кроме того, в корпусе печи размещено устройство антиаварийного выхлопа газов, отличающаяся тем, что корпус выполнен металлическим с оребрением, а камеры сжигания и дожигания отходящих газов с соединяющим их газоотводным каналом выполнены взаимосвязанными единым внутренним пространством в едином футеровочном массиве, изготовленном в виде кладки, при этом часть внутренней поверхности кладки камеры сжигания выполнена под углом, вершина которого обращена к нижней части камеры сжигания, камера дожигания выполнена в виде циклонной шахты, между футеровочным массивом и металлическим корпусом печи размещен теплоизолирующий слой; на корпусе загрузочного узла с загрузочной камерой установлены устройства для подвода извне охлаждающего воздуха, выполненные в виде штуцеров; в верхней части загрузочной камеры установлены поворотные заслонки, верхняя поверхность которых предназначена для размещения загружаемых упаковок с твердыми радиоактивными отходами, а в нижней части загрузочной камеры установлен отделяющий загрузочную камеру от загрузочной шахты подвижный тепловой шибер с поворотным экраном, оснащенный по контуру в своей нижней части герметизирующим элементом, причем загрузочная шахта представляет собой канал прямоугольной формы, в нижней части которого находится охлаждаемая воздухом и отделяющая пространство загрузочной шахты от пространства камеры сжигания поворотная гребенка, состоящая из полого вала с отверстиями, к которому лучеобразно присоединены жаростойкие трубы; в нижней части камеры сжигания установлены одна под другой колосниковые решетки, верхняя из

которых выполнена провальной, а нижняя – непровальной, при этом для охлаждения конструктивных элементов колосниковых решеток в камере сжигания установлены устройства для подвода извне охлаждающего воздуха в виде штуцеров, кроме того, установленные в печи устройства для подвода топлива выполнены в виде горелок, одна из которых предназначена для камеры сжигания и выполнена с размещенными внутри нее форсункой для подачи топлива и форсункой для впрыска жидких горючих радиоактивных отходов, а другая горелка предназначена для камеры дожигания отходящих газов и выполнена с размещенной внутри нее форсункой для подачи топлива, при этом горелки прикреплены к корпусу печи и выведены в рабочие пространства камер через технологические отверстия, выполненные в корпусе и футеровочном массиве, вместе с тем, горелки снабжены штуцерами подачи распыливающего и дутьевого воздуха, кроме того, установленное в печи устройство антиаварийного выхлопа газов выполнено в виде предохранительного клапана, который расположен в газоотводном канале, соединен с рабочим пространством камеры сжигания и выполнен в виде короба, во фланцевом разъеме которого установлена наклонно на шарнирах крышка выпуска избыточного выхлопа газов; под камерой сжигания расположен охлаждаемый воздушной рубашкой конический бункер накопления и охлаждения золы, снабженный устройством для его разгрузки» [22].

Преимущества данной печи заключаются в том, что:

- металлический кожух снабжен смотровыми глазками;
- приводы поворотных колосниковых решеток, поворотных заслонок, тепловогошибера с поворотным экраном и поворотной гребенки выполнены дистанционно управляемыми;
- в верхней части камеры дожигания расположен люк обслуживания, а в нижней ее части выполнен фланец для присоединения к оборудованию системы очистки и охлаждения дымовых газов;

- гребенка и обе колосниковые решетки выполнены модульными с возможностью извлечения для замены;
- в качестве теплоизолирующего слоя между футеровочным массивом и металлическим корпусом используются огнеупорные высокотемпературные плиты и прошивной массив.

Таким образом, посредством использования воздуха для охлаждения конструктивных элементов печи, устраняется необходимость использования водных каналов охлаждения ее конструктивных элементов, что облегчает конструкцию и исполнение печи. Кроме того, использование воздуха позволяет повысить эффективность работы, безопасность и удобство эксплуатации печи, что означает эффективность и безопасность данной печи для сжигания радиоактивных отходов, экономичность ее использования.

Разработка новых методов обращения с радиоактивными отходами на АО «ГНЦ НИИАР» может включать, создание специализированного оборудования для обработки конкретного типа отходов. В процессе исследований возникают жидкие радиоактивные отходы, предлагается технологический комплекс для их переработки, основанный на методах обессоливания [11]. Методы обессоливания направлены на удаление солей из жидких отходов, что значительно уменьшает их радиоактивность и облегчает дальнейшую обработку и утилизацию.

В области повышения радиационной безопасности центра могут быть проведены работы по улучшению комплекса для контроля радионуклидов в выбросах ядерных энергетических установок [12]. Это может включать разработку более чувствительных сенсоров, расширение спектра измеряемых параметров и усовершенствование программного обеспечения для анализа и интерпретации данных. Также для улучшения работы по обращению с радиоактивными отходами, необходимо разработать комплексный план мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами, что позволит рассчитать затраты на улучшение данной системы и

приведет к тому, что на предприятие сократиться численность аварий и травм сотрудников, а также улучшит экологическую обстановку на предприятии. Таким образом, разработка и внедрение новых методов обращения с радиоактивными отходами и повышения радиационной безопасности научно-исследовательского центра не только способствует улучшению условий труда и соблюдению нормативов, но и является важным шагом в минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечении устойчивого развития. Это важно, как с экономической точки зрения, так и с точки зрения сокращения потребления ресурсов и уменьшения негативного влияния на окружающую среду. Этот процесс несет в себе множество преимуществ и перспектив, которые заслуживают дальнейшего расширенного рассмотрения и исследования.

Поступающие ТРО предлагается сортировать на категории НАО и ОНАО по удельной активности, на горючие и негорючие, фрагментируемые и прессуемые металлические отходы, прессуемые и уплотняемые рыхлые, сыпучие строительные отходы и грунты, на неперерабатываемые отходы в несертифицированных контейнерах.

Отсортированные по категориям (НАО и ОНАО), видам переработки ТРО размещаются в сертифицированные контейнеры типа ТУК-44 (металлическая 200 литровая бочка), металлические контейнеры типа КМЗ, КРАД, железобетонные типа НЗК-МР и поступают на переработку перечисленными выше методами.

ТРО, подлежащие переработке методами прессования должны предварительно фрагментироваться до размеров, удовлетворяющих критериям оборудования, применяемого для прессования ТРО. Элементы ТРО, превышающих размеры камеры пресса, фрагментируются. Для фрагментации крупногабаритных металлических отходов предлагается использовать аллигаторные гидравлические ножницы модели Q43-315 производства КНР (Китай). Ножницы применяются для резки различных

стальных профилей (круглой стали, квадратной, швеллерной стали, двутавров, арматуры, труб, угольников), листовых изделий. Номинальное усилие резанья 3150 кН, размеры поперечного сечения разрезаемого металла до 90-100 мм (круг, квадрат), 750×16 мм (ширина толщина) полосы листового металла. Габариты изделия 5350×2400×1800 мм, включая гидравлическую систему, масса 9500 кг, мощность электродвигателя и контура управления до 22 кВт.

#### Прессование ТРО.

Прессованию подлежат рыхлые, сыпучие, горючие материалы (бумага, ветошь, бумажные фильтры, СИЗ), тонкостенный металл, пустые бочки, пустотелые тонкостенные металлические отходы, фрагментированная, разделанная кабельная продукция, после предварительной сортировки. Для выполнения операций прессования используется пресс для бочек («бочкодав») и пакетировочный пресс.

Пресс для бочек модели MacFab производства Ирландии не предназначен для переработки толстостенных контейнеров, баллонов для сжатого газа, стекла, древесины и любых твердых предметов (данные ограничения приведены в руководстве по эксплуатации). В основном пресс рекомендуется использовать для брикетирования пустых не пригодных к дальнейшей эксплуатации бочек, пустотелых цилиндров, воздухопроводов загрязненных РВ. При замене прессовочной плиты поршня возможно использование пресса для подпрессовки материалов внутри бочки (бумага, ветошь, картон и аналогичные сыпучие и пористые материалы включая грунт и пластмассы). В процессе прессования производится досыпка прессуемых отходов. Пресс для бочек оборудован сборным резервуаром и клапаном для удаления жидкой фазы в контейнер. Пресс для бочек MacFab имеет габариты 2520×1190×1000 мм, масса изделия 690 кг, сила сжатия до 24 тонн (240 кН), масса изделия 690 кг, уровень шума до 75 дБ, объем сборного резервуара 30 литров, мощность мотора 11 кВт, потребляемая мощность не более 150 кВт.

Сертификат соответствия №-С-1Е.АГ 79.В.10557, срок службы 10 лет.

Пакетировочный пресс модели Y 81-250 производства КНР (Китай) по паспортным данным предназначен для прессовки пластических сплавов металлов различного профиля, металлической стружки и подобных материалов. Большая вместимость бункера и гидравлические механизмы крышки, боковых цилиндров позволяют превращать прессуемый материал (изделие) в компактный прямоугольный пакет размерами в зависимости от массы, формы и текстуры обрабатываемого материала 400 х 400 мм, массой до 250-350 кг. После загрузки прессуемого материала в прессовую камеру, размерами 1800×1400×800 мм, опускается крышка, автоматически срабатывает запирающий замок крышки и производится предварительный этап прессования. Затем посредством поступательного движения боковых гидроцилиндров проводится вторичный этап прессования. Движением главного гидроцилиндра производится конечный этап прессования. По завершению прессования открывается крышка и выкидная лапа гидроцилиндра опрокидывает и выбрасывает готовый пакет наружу.

Разработана технология прессования бочек, поступающих после обработки на прессе для бочек MacFab, на пакетировочном прессе Y 81-250. Для этого бочка завертывается в жестяной лист толщиной 0,3-0,5 мм, который закрепляется при помощи стальной проволоки. Такое решение позволяет исключить просыпание ТРО и пылевыведение при разрывах бочки в процессе пакетирования, а также обеспечивает дополнительный защитный барьер из жести. Завернутая в стальной лист бочка с ТРО загружается в прессовую камеру, производятся этапы прессования до придания первичной упаковке (бочке) формы прямоугольного брикета.

Виброуплотнение.

Процесс уплотнения применяется в основном при переработке отходов в виде грунтов, строительного мусора (мелкие фракции штукатурки, бой кирпича, бетона) помещенные в контейнеры.

Уплотнение ТРО предлагается производить с использованием вибростола типа ВС-10. Для виброуплотнения используются также переносные электромеханические вибраторы типа ИВ11-50Е и виброуплотнитель типа ВУ 11-75Е. Виброуплотнение может использоваться как отдельный метод переработки, так и в комплексе с цементированием, для обеспечения наилучшей адгезии цементной смеси при омоноличивании ТРО в контейнерах.

Вибростол ВС-10 конструктивно состоит из основания, рамы, опоры съёмной, рамы переходной с тензометрическими датчиками для измерения массы загружаемых в контейнеры отходов, мотор-вибраторов, которые обеспечивают колебания рамы в горизонтальной и вертикальной плоскости. Опора съёмная позволяет устанавливать на стол контейнеры типа НЗК массой до 9500 кг. Габаритные размеры вибростола 3746×3206×1804 мм, масса стола 6,5 тонны, мощность 16 кВт. В состав изделия входят также щиток силовой, щиток сигнальный и шкаф управления.

#### Установка дезактивации.

Для дезактивации поверхностей оборудования, используемого инструмента, транспортных средств, контейнеров, поверхностей помещений, в которых ведутся работы по сортировке и переработке ТРО в открытом виде проводится ежедневная уборка влажным способом, а также предлагается применять «Универсальную установку дезактивации ТУ 6268-53904753-2009» – разработанная ООО «Дреко» (Московская область, Орехово-Зуевский район, г. Дрезна). Сертификат соответствия №03029999, срок действия до 25.10.2015 г.

Установка сочетает следующие варианты обработки поверхностей: механическая (щетка) + пенная + вакуумная + жидкостная. Габаритные размеры 1100×650×1000 мм, объем выносной емкости для сбора ЖРО до 100 литров, потребляемая мощность 3700/4450 Вт.

Установка комплектуется ручными щетками, пневмоинструментом

(пневмозубила, пневмошлиф-машинки), краскораспылителем, удочкой-распылителем для нанесения пены, пистолетом для обработки жидкими растворами.

Для дезактивации предлагается использовать составы: растворы пенного средства Радез-П, Радез-Д; полимерные покрытия ВА- 501, ВЛ-501; покрытия пылеподавления типа СКС, АК.

Сбор отработанных дезактивирующих составов будет производиться в сборник-накопитель с фильтрующей насадкой фильтра ФяС, системой вакуумного сбора. При заполнении сборника-накопителя (бочки) предлагается производить ее замену на другую или опорожнение методом вакуумной упарки. Для упарки предлагается использовать нержавеющую емкость объемом 100 литров, водокольцевой вакуумный насос мощностью 1 кВт, съемные электронагреватели мощностью 6-9 кВт. Масса оборудования системы упарки до 100 кг.

Управление установкой УУД будет выполняться одним оператором-дезактиваторщиком.

Вакуумная выпарная установка.

Вакуумная выпарная установка (ВВА-100) входит в состав установки дезактивации (УУД). Блоки установки УУД и ВВА установлены на рамных конструкциях с колесными опорами. Установки имеют пульта управления, оборудованы контрольно-измерительными приборами, показания которых вынесены на панели управления.

Обоснование целесообразности варианта: АО «ГНЦ НИИАР» предлагается обеспечить создание временных хранилищ ЖРО со специальными многочисленными емкостями-хранилищами.

Окончательное хранилище для отходов предлагается на относительно небольшой по сравнению с другими конечными хранилищами. Необходимая емкость хранилища оценивается примерно в 16 000 кубических метров.

Безопасность предлагаемого хранилища основана на замедлении

накопления радионуклидов в инженерных и естественных барьерах.

Основные компоненты, состоящие из металлических отходов, составляют около трети объема, но содержат (изначально) основную часть радиоактивности. Что касается основных компонентов, то предлагается спроектировать хранилище для отходов с инженерным барьером из бетона.

Установка состоит из приемной секции на уровне земли и секции хранения более чем на 30 метров ниже уровня земли. В приемном отделении транспортные контейнеры с отработавшим ядерным топливом принимаются и выгружаются под водой. Затем топливо помещается в контейнеры для хранения. Контейнеры опускаются топливным лифтом в секцию хранения, где отработавшее ядерное топливо временно хранится в бассейнах, заполненных водой.

Существует два типа контейнеров для хранения отработавшего ядерного топлива: обычные контейнеры для хранения и компактные контейнеры для хранения. Эти два типа контейнеров имеют одинаковые внешние размеры, но компактный контейнер вмещает больше тепловыделяющих сборок.

Фактическая камера хранения состоит из двух объёмов с разделением примерно 40 метров, которые соединены заполненным водой транспортным каналом. Каждое из резервуаров хранения имеет длину примерно 120 метров и содержит четыре бассейна для хранения и резервный бассейн. Верхний слой топлива находится на глубине восьми метров под поверхностью воды. На краю бассейна уровень радиации настолько низок, что персоналу не нужно использовать радиационную защиту.

Бассейны могут вместить в общей сложности приблизительно 11 000 тонн топлива.

Перед утилизацией отработавшего ядерного топлива оно будет упаковано в медные контейнеры. Используемый контейнер состоит из медного корпуса и вставки из чугуна с шаровидным графитом. Существует

два типа вкладышей; один вмещает двенадцать тепловыделяющих сборок и второй вмещает четыре тепловыделяющие сборки. Существуют также другие виды топлива, подлежащие утилизации.

Компоненты контейнера, такие как вкладыш, медный корпус и крышка, будут изготовлены различными субподрядчиками. Потребуется оборудование для окончательной механической обработки, сборки и проверки компонентов контейнера.

Секция герметизации будет содержать ряд станций для различных операций, где все обращения с топливом осуществляются дистанционно и с радиационной защитой.

Воздух в контейнере заменяется аргоном перед его герметизацией. Медный контейнер герметизируется с помощью сварки трением с перемешиванием. Проводится проверка поверхности сварного шва и соблюдения параметров сварного шва в применимых пределах. Если сварной шов одобрен, контейнер перемещается на станцию механической обработки, где контейнер обрабатывается до его окончательных размеров. Затем контейнер доставляется на следующую станцию, где герметичный сварной шов проверяется с помощью неразрушающего контроля. При необходимости контейнер очищается перед помещением в специальный транспортный контейнер для транспортировки в хранилище отработавшего топлива.

Вывод по разделу.

В разделе производился подробный анализ опасных радиационных отходов, образующихся при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, с определением мест хранения.

В рамках данного исследования было уделено основное внимание анализу системы управления опасными радиационными отходами в условиях организации. Анализ позволил выявить, что неэффективное управление радиационными отходами может привести к серьезным последствиям, таким как угроза здоровью работников, экологические риски и финансовые потери

для организации.

В ходе исследования были выявлены полезные модели и методы, способные обеспечить безопасное управление радиационными отходами в организации. Проанализированы их преимущества и недостатки, а также предложены способы оптимизации существующей системы управления опасными радиационными отходами.

Рассмотрены конкретные варианты по улучшению управления опасными радиационными отходами, включая разработку новых технологий обработки и сжигания отходов, а также улучшение мероприятий по мониторингу и контролю за радиационной безопасностью.

Был рассмотрен вариант одного из способов безопасной утилизации радиоактивных отходов. Актуальным на данный момент решением по безопасной утилизации отходов будет являться разработка комплексного плана мероприятий. Полученные результаты могут быть важным вкладом в улучшение системы управления опасными радиационными отходами в организации и минимизацию связанных с этим рисков.

Была приведена типовая форма комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами. Путем ее введения на предприятиях будут сокращаться затраты на обращения с отходами и уменьшатся риск аварий.

### **3 Апробация внедрения комплекса мероприятий по управлению отходами на промышленном предприятии**

#### **3.1 Результаты внедрения комплекса мероприятий по управлению отходами на промышленном предприятии**

Результатами внедрения является намерение руководства организации рассмотреть возможность реализации предложенного комплекса мероприятий.

«Главной составляющей в политике АО «ГНЦ НИИАР» является политика в сфере экологии, согласно которой будет обеспечиваться безопасное и экономически результативная эксплуатация всех ядерных реакторов, научных экспериментальных лабораторий, которые будут обеспечивать реализацию программ, направленных на эксплуатацию, модернизацию и вывод из эксплуатации непосредственно производственных комплексов» [9].

«АО «ГНЦ НИИАР» расположено в восточной части Ульяновской области в 5,5 километрах к западу от г. Димитровграда, в 5 километрах севернее от Черемшанского залива Куйбышевского водохранилища. Институт находится на расстоянии 90 км от Ульяновска, на расстоянии 160 километров Самары» [9].

«В институте экологическая политика устанавливает задачи, главные принципы и обязательства в сфере защиты, находящейся рядом, среды и реализации экологической безопасности. Экологическая политика реализуется акционерным обществом, и оно несет ответственность за этот процесс. Также, важными задачами являются обеспечение безопасности: экологической и радиационной» [9].

«Институт возлагает на себя ответственность за реализацию Экологической политики, за предоставление нужных для этого ресурсов и

ставит одной из их важных целей обеспечение экологической и радиационной безопасности. Актуализованная в 2015 году «Политика АО «ГНЦ НИИАР» в сфере экологии» утверждена и введена в действие приказом директора АО «ГНЦ НИИАР» от 14.09.2015 № 65/600-П. Для улучшения экологической результативности деятельности институт принял на себя обязательство устанавливать и выполнять методы экологического управления в согласовании с международными и государственными стандартами в сфере природоохранного менеджмента. Такого рода аспект состоит:

- в проведении Экологической политики АО «ГНЦ НИИАР» на основе плана осуществления природоохранной политической деятельности;
- в контролировании выполнения проекта осуществления экологической политики руководством института и ГК «Росатом»;
- в организации природоохранного контролирования;
- в изучении и организации мероприятий, по итогам которых проводится экологический контроль влияния предприятия на биосферу» [9].

«Производственный природоохранный надзор и наблюдение за состоянием загрязнения окружающей среды содержит: контролирование выбросов и сбросов радиоактивных и химических вредных веществ, учет и контроль РАО, за отходами производства, учет соответствия радиационных и химических параметров объекта окружающей среды в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и в зоне наблюдения (ЗН)» [35].

«В АО разработан «Порядок осуществления производственного контроля в области обращения с отходами производства и потребления» [3].

«АО «ГНЦ НИИАР» не сбрасывает радиоактивные вещества вместе со сточными водами в открытую гидрографическую сеть. Опасные вещества, которые обнаруживаются в сточных водах, попадают в промливневую

канализацию со смывами почвы, пыли дождем и талой водой на территории промплощадки и поверхности водосбора открытой водосборной канавы, которые находятся в зоне действия радиоактивных выбросов института. Бета-активность образовывается в основном нуклидами цезия, стронция, калия, а альфа-активность – нуклидами плутония» [9].

«Динамика удельных суммарных альфа- и бета-активностей промливневых сточных вод промплощадки за период с 2020 по 2022 год представлена в таблице 5 [19]. Все полученные значения альфа и бета активностей не превосходят контрольных уровней, которые установлены на предприятии приказом директора» [9].

Таблица 5 – Удельная суммарная активность промливневых сточных вод АО «ГНЦ НИИАР» за период с 2020 по 2022 гг. [19]

| Дата отбора пробы | Удельная суммарная альфа-активность, Бк/кг |      |      | Удельная суммарная бетаактивность, Бк/кг |      |      |
|-------------------|--------------------------------------------|------|------|------------------------------------------|------|------|
|                   | 2020                                       | 2021 | 2022 | 2020                                     | 2021 | 2022 |
| Январь            | 0,07                                       | <0,1 | 0,09 | 0,14                                     | 0,1  | 0,10 |
| Февраль           | 0,09                                       | 0,06 | 0,14 | 0,09                                     | 0,12 | 0,13 |
| Март              | 0,05                                       | 0,08 | 0,09 | 0,12                                     | 0,18 | 0,15 |
| Апрель            | 0,03                                       | 0,19 | 0,09 | 0,14                                     | 0,18 | 0,11 |
| Май               | 0,08                                       | 0,09 | 0,05 | 0,15                                     | 0,10 | 0,14 |
| Июнь              | 0,18                                       | 0,06 | 0,03 | 0,17                                     | 0,12 | 0,12 |
| Июль              | 0,06                                       | 0,11 | 0,12 | 0,12                                     | 0,17 | 0,14 |
| Август            | 0,16                                       | 0,16 | 0,06 | 0,14                                     | 0,11 | 0,12 |
| Сентябрь          | 0,08                                       | 0,06 | 0,07 | 0,09                                     | 0,06 | 0,18 |
| Октябрь           | 0,02                                       | 0,09 | 0,04 | 0,08                                     | 0,10 | 0,13 |
| Ноябрь            | 0,08                                       | 0,14 | 0,19 | 0,10                                     | 0,14 | 0,14 |
| Декабрь           | 0,02                                       | 0,03 | 0,02 | 0,10                                     | 0,15 | 0,21 |
| Годовая           | 0,10                                       | 0,11 | 0,11 | 0,11                                     | 0,13 | 0,15 |

«Итоги длительного мониторинга состояния окружающей среды позволяют сделать вывод о том, что деятельность данного учреждения оказывает незначительное влияние на радиационно-экологический фон окружающей территории и не оказывает негативного воздействия на жителей ближайших населенных пунктов, а также на работников» [9] предприятия. Это свидетельствует о высоком уровне соблюдения экологических

стандартов и эффективной системе контроля за радиационной безопасностью на объекте.

Проведенный мониторинг подтверждает успешное внедрение мероприятий по управлению радиоактивными отходами, оптимизацию процессов и соблюдение всех необходимых нормативов и требований.

Для эффективного управления радиоактивными отходами необходимо придерживаться ряда основных принципов. Эти принципы, сформулированные на международном уровне в документе Международного агентства по атомной энергии [6,7], включают в себя вспомогательный и «пояснительный текст о методах и мерах, необходимых для их соблюдения. Несмотря на разнообразие происхождения, и характеристик радиоактивных отходов, эти принципы применимы к любым видам радиоактивных отходов» [9].

«Далее приведено перечисление этих принципов с краткими пояснениями:

а) «охрана здоровья людей:

- 1) осуществление контроля возможных путей облучения;
- 2) соблюдение уровней облучения в пределах национальных требований, установленных в области ядерной и радиационной безопасности;
- 3) при выполнении практических задач с радиоактивными отходами соблюдение принципов и рекомендаций Международного Комитета по Радиационной защите по обоснованию, оптимизации и ограничению доз;

б) охрана окружающей среды:

- 1) минимизация выбросов и сбросов радиоактивных материалов на практически достижимый минимальный уровень;
- 2) ограничение негативных последствий захоронения радиоактивных отходов для природных ресурсов;

- 3) учет нерадиационного воздействия, такого как химическое воздействие и изменение среды обитания;

в) обеспечение безопасности за пределами национальных границ:

- 1) гарантирование радиационной безопасности за пределами страны на основе рекомендаций Международного агентства по атомной энергии;
- 2) обмен информацией и согласование мер с соседними или пострадавшими странами в случае выброса радионуклидов» [9];
- 3) осуществление международного трансграничного перемещения радиоактивных отходов;

г) защита будущих поколений:

- 1) предотвращение превышения уровней негативного воздействия радиоактивных отходов на будущие поколения;
- 2) «применение принципа многобарьерной изоляции при захоронении отходов;
- 3) учет возможной будущей геологической разведки и добычи полезных ископаемых при выборе мест захоронения;
- 4) учет неопределенностей долгосрочных оценок радиационной безопасности» [9];

д) «предотвращение необоснованного бремени на будущие поколения;

- 1) разработка технологий обработки и безопасного захоронения радиоактивных отходов текущим поколением;
- 2) обеспечение системы финансирования и контроля обращения с радиоактивными отходами;
- 3) ограничение насколько возможно отложенных мероприятий или действий с радиоактивными отходами;
- 4) регистрация и надлежащее хранение информации о типе, характеристиках и местах захоронения радиоактивных

отходов» [9];

е) «наличие национальной правовой структуры:

- 1) четкое распределение обязанностей между организациями, участвующими в деятельности по обращению с радиоактивными отходами;
- 2) отделение функций регулирования от функций эксплуатации для обеспечения независимости регулирования;
- 3) обеспечение достаточной долгосрочной ответственности и финансирования» [9];

ж) «контроль образования радиоактивных отходов:

- 1) выбор и контроль материалов с целью повторного использования;
- 2) соблюдение установленных эксплуатационных регламентов;
- 3) разделение различных видов отходов и материалов для сокращения объема и облегчения обращения с ними» [9];

з) «безопасность установок для обращения с радиоактивными отходами:

- 1) выбор безопасной площадки, проектирование, строительство, эксплуатация и вывод из эксплуатации установок хранилища;
- 2) предотвращение аварий и минимизация их последствий;
- 3) обеспечение соответствующего уровня защиты от радиационного воздействия;
- 4) учет особенностей района при выборе местоположения установки;
- 5) сохранение высокого уровня обеспечения качества и подготовки персонала;
- 6) поддержание соответствующего уровня обеспечения качества работы установок;
- 7) обеспечение высокого уровня подготовки персонала» [5].

«Отметим, что принципы, основанные на этических соображениях, подчеркивают ответственность страны перед другими странами и будущими поколениями за возможные негативные последствия деятельности, связанной с образованием радиоактивных отходов» [5].

«Соблюдение этих принципов является ключевым для достижения цели обращения с радиоактивными отходами, которая заключается в обеспечении защиты здоровья человека и окружающей среды, как в настоящем, так и в будущем. Практические методы применения этих принципов зависят от типа отходов и характеристик установок. Все принципы обращения с радиоактивными отходами основаны на концепции системного подхода, предполагающей рассмотрение всех этапов как части общей системы» [9].

В рамках стратегии по совершенствованию системы управления отходами на АО «ГНЦ НИИАР» был предложен комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами, повышение их безопасности и соблюдение экологических норм и стандартов. Каждое из предложенных мероприятий рассматривается как часть общего стратегического плана, направленного на минимизацию негативного воздействия, на окружающую среду и обеспечение устойчивости производственных процессов. В таблице 6, детально описаны основные параметры каждого мероприятия, включая ответственных лиц, сроки исполнения и источники финансирования. Полученные данные могут служить основой для дальнейшего совершенствования системы управления отходами и обеспечения высокого уровня экологической безопасности на предприятии. Оценка эффективности внедрения комплекса мероприятий по управлению радиоактивными отходами не только необходима, но и крайне важна. Она позволяет проанализировать результаты внедренных изменений, оценить их влияние на рабочие процессы и окружающую среду, а также выявить потенциальные области улучшения.

Таблица 6 – Комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами

| Наименование мероприятия                         | Ожидаемые результаты                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Форма завершения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ответственные                                                                                                                            | Срок исполнения                                                                                                                                                                                                                                | Источник финансирования                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Внедрение системы контроля и мониторинга отходов | <ul style="list-style-type: none"> <li>– улучшение прозрачности и точности данных о количестве и составе отходов;</li> <li>– более оперативное обнаружение и реагирование на возможные проблемы или нарушения в управлении отходами;</li> <li>– снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– организация и настройка системы мониторинга и контроля;</li> <li>– обучение персонала использованию системы;</li> <li>– проведение тестовых испытаний и проверка работоспособности;</li> <li>– завершение документации и создание отчетов о внедрении системы.</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– главный инженер;</li> <li>– технический специалист.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка и настройка системы: 3 месяца;</li> <li>– обучение персонала: 1 месяц;</li> <li>– тестирование и наладка: 1 месяц;</li> <li>– завершение документации: 2 недели.</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– бюджет отдела по охране окружающей среды;</li> <li>– фонд для модернизации оборудования.</li> </ul> |
| Оптимизация процессов сбора и сортировки отходов | <ul style="list-style-type: none"> <li>– увеличение эффективности процессов сбора и обработки отходов;</li> <li>– сокращение времени и затрат на обработку и утилизацию отходов;</li> <li>– улучшение качества сортировки и повышение процентной доли перерабатываемых материалов.</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка новых процедур сбора и сортировки отходов;</li> <li>– обновление инструкций и руководств по работе с отходами;</li> <li>– проведение тренингов и обучения сотрудников;</li> <li>– анализ результатов тестирования и внесение необходимых корректировок;</li> <li>– окончательное внедрение оптимизированных процессов.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– главный инженер;</li> <li>– технический специалист.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ текущих процессов: 1 месяц;</li> <li>– разработка новых процедур: 2 месяца;</li> <li>– проведение тренингов и обучения: 1 месяц;</li> <li>– тестирование и корректировка: 2 недели.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– финансирование из средств, выделенных на производственную оптимизацию.</li> </ul>                   |

Продолжение таблицы 6

| Наименование мероприятия                                               | Ожидаемые результаты                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Форма завершения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ответственные                                                                                                                            | Срок исполнения                                                                                                                                                                                                                              | Источник финансирования                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Внедрение современного оборудования для обработки и утилизации отходов | <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение производительности и эффективности процессов обработки и утилизации отходов;</li> <li>– снижение негативного воздействия на окружающую среду;</li> <li>– увеличение безопасности и надежности оборудования.</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– подготовка и установка нового оборудования;</li> <li>– настройка и тестирование работы оборудования;</li> <li>– обучение персонала по работе с новым оборудованием;</li> <li>– проведение проверочных испытаний и обкатки оборудования;</li> <li>– завершение документации, включая инструкции</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– главный инженер;</li> <li>– технический специалист.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– приобретение и установка оборудования: 6 месяцев;</li> <li>– Тестирование и настройка: 1 месяц;</li> <li>– Обучение персонала: 1 месяц;</li> <li>– Завершение документации: 2 недели.</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– государственный грант на экологические проекты;</li> <li>– собственные инвестиции компании.</li> </ul> |
| Обучение и подготовка персонала по управлению отходами                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение уровня знаний и компетенций персонала по вопросам управления отходами;</li> <li>– снижение риска ошибок и неправильных действий персонала;</li> <li>– увеличение осведомленности и ответственности сотрудников в обращении с отходами.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение обучающих сессий и семинаров;</li> <li>– проверка усвоения материала и оценка знаний персонала;</li> <li>– проведение практических занятий и тренировок;</li> <li>– выдача сертификатов о прохождении обучения;</li> <li>– подготовка отчетов о проведенном обучении.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– специалист по обучению.</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– подготовка программы обучения: 1 месяц;</li> <li>– проведение обучающих сессий: 2 месяца;</li> <li>– практические занятия и тренировки: 1 месяц;</li> <li>– подготовка отчетов: 2 недели</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– финансирование из бюджета HR-отдела.</li> </ul>                                                        |

Продолжение таблицы 6

| Наименование мероприятия                                       | Ожидаемые результаты                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Форма завершения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ответственные                                                                                                                     | Срок исполнения                                                                                                                                                                                                                                                             | Источник финансирования                                   |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Разработка и внедрение программы по сокращению объемов отходов | <ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение общего объема образующихся отходов на предприятии;</li> <li>– экономия ресурсов и снижение затрат на утилизацию отходов;</li> <li>– повышение экологической ответственности и улучшение репутации предприятия.</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка и утверждение плана действий по сокращению объемов отходов;</li> <li>– внедрение новых процессов и методов работы с целью сокращения образования отходов;</li> <li>– мониторинг и контроль над результатами программы;</li> <li>– составление отчета о результатах программы.</li> </ul>                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– главный аналитик;</li> <li>– эколог.</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ текущих процессов и разработка программы: 2 месяца;</li> <li>– внедрение изменений и тестирование: 3 месяца;</li> <li>– мониторинг результатов и корректировка: 1 месяц;</li> <li>– подготовка отчета: 2 недели.</li> </ul> | Средства, выделенные на исследовательские проекты.        |
| Модернизация системы учета и отчетности по отходам             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– улучшение точности и достоверности отчетности о генерации, обработке и утилизации отходов;</li> <li>– упрощение процессов учета и анализа данных об отходах для принятия управленческих решений;</li> <li>– соблюдение нормативных требований в области отчетности</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка новых форм отчетности и документации;</li> <li>– обновление программных и информационных систем учета отходов;</li> <li>– обучение персонала по новым системам учета и отчетности;</li> <li>– проведение тестирования и проверки работоспособности обновленных систем;</li> <li>– завершение документации и создание отчетов о реализации мероприятия.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководитель проекта;</li> <li>– Главный бухгалтер;</li> <li>– ИТ-специалист.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ требований и разработка новой системы: 3 месяца;</li> <li>– тестирование и внедрение: 2 месяца;</li> <li>– обучение персонала: 1 месяц;</li> <li>– завершение документации: 2 недели.</li> </ul>                            | Финансирование из средств, предназначенных на ИТ-проекты. |

Продолжение таблицы 6

| Наименование мероприятия                                                                  | Ожидаемые результаты                                                                                                                                                                                                                   | Форма завершения                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ответственные                                                                                                     | Срок исполнения                                                                                                                                                                 | Источник финансирования                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Внедрение программы по повышению осведомленности и экологической культуры среди персонала | – увеличение уровня осведомленности персонала о важности правильного обращения с отходами;<br>– формирование ответственного поведения среди сотрудников и повышение их мотивации к соблюдению правил и процедур управления отходами.   | – проведение информационных кампаний и тренингов;<br>– организация обучающих мероприятий и мастер-классов;<br>– публикация информационных материалов и руководств;<br>– оценка эффективности программы посредством опросов и обратной связи;<br>– составление отчета о реализации программ.                                    | – руководитель проекта;<br>– специалист по образовательным программам;<br>– менеджер по связям с общественностью. | разработка программы и материалов: 1 месяц;<br>проведение обучающих мероприятий: 3 месяца;<br>оценка результатов и подготовка отчетов: 1 месяц;                                 | – средства, выделенные на корпоративное обучение и развитие персонала.                |
| Проведение регулярной оценки эффективности и результатов управления отходами              | – получение объективной оценки эффективности и результатов реализации мероприятий по управлению отходами;<br>– идентификация успешных практик и областей для дальнейшего улучшения;<br>– обеспечение непрерывного улучшения процессов. | – составление отчета об оценке эффективности, включающего анализ выполнения поставленных целей, достигнутых результатов и выявленных проблемных областей;<br>– проведение обсуждения результатов с руководством предприятия;<br>– выработка рекомендаций по улучшению системы управления отходами на основе полученных данных. | – руководитель проекта;<br>– экологический специалист;<br>– финансовый аналитик.                                  | оставление отчета об оценке эффективности: 1 месяц;<br>проведение обсуждения результатов: 2 недели;<br>выработка рекомендаций: 2 недели;<br>тверждение плана действий: 1 месяц. | – бюджет отдела по охране окружающей среды;<br>– фонд для экологических исследований. |

Продолжение таблицы 6

| Наименование мероприятия                                                     | Ожидаемые результаты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Форма завершения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ответственные                                                                                                                                        | Срок исполнения                                                                                                                                                                                                          | Источник финансирования                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Разработка и внедрение процедур и методик управления радиоактивными отходами | <ul style="list-style-type: none"> <li>–обеспечение безопасной и эффективной обработки и утилизации радиоактивных отходов;</li> <li>–соблюдение всех нормативных требований и стандартов безопасности при обращении с радиоактивными материалами;</li> <li>–минимизация рисков и негативного воздействия на здоровье персонала и окружающую среду.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>–создание и утверждение документации, включающей процедуры и методики управления радиоактивными отходами;</li> <li>–обучение персонала по новым процедурам и методикам;</li> <li>–оценка эффективности и эффективного использования новых процедур и методик;</li> <li>–завершение документации и обновление установленных процедур и методик по результатам тестирования.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>–руководитель проекта;</li> <li>–инженер-технолог;</li> <li>–эксперт по радиационной безопасности.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>–создание документации: 2 месяца;</li> <li>–обучение персонала: 1 месяц;</li> <li>–полное тестирование: 2 месяца;</li> <li>–оценка эффективности: 2 недели.</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>–государственный грант на исследовательские проекты;</li> <li>–фонд по улучшению технологий.</li> </ul> |
| Организация системы контроля качества и безопасности в обращении с отходами  | <ul style="list-style-type: none"> <li>–обеспечение высокого уровня безопасности и качества всех этапов обращения с отходами;</li> <li>–повышение доверия заказчиков, партнеров и общественности к деятельности предприятия в области управления отходами;</li> <li>–минимизация рисков возникновения аварий.</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>–разработка и внедрение стандартов качества и безопасности в обращении с отходами, включая процедуры контроля и мониторинга;</li> <li>–проведение аудитов и проверок соблюдения установленных стандартов;</li> <li>–анализ результатов аудитов и проверок, выявление несоответствий и проблемных областей.</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>–руководитель проекта;</li> <li>–специалист по качеству;</li> <li>–инженер-безопасности.</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>–разработка стандартов: 3 месяца</li> <li>–обучение персонала: 1 месяц;</li> <li>–проведение аудитов и проверок: 2 месяца;</li> <li>–внесение корректировок: 2 недели.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– бюджет отдела безопасности;</li> <li>– фонд по качеству производства.</li> </ul>                      |

Представленный комплекс мероприятий по управлению отходами, основанный на опыте и передовых практиках в области экологического менеджмента, будет является ключевым этапом в долгосрочной стратегии АО «ГНЦ НИИАР» по снижению экологического воздействия и обеспечению устойчивого развития. Реализация этих мероприятий не только способствует соблюдению экологических норм и стандартов, но и повышает эффективность производственных процессов, снижает риски для здоровья сотрудников и общества в целом.

Каждое мероприятие представляет собой важный шаг в направлении улучшения экологической обстановки и создания условий для устойчивого развития предприятия. Они представляют собой комплексный подход к решению проблемы обращения с отходами, который включает в себя внедрение новых технологий, оптимизацию процессов, обучение персонала и развитие экологической культуры.

Успешная реализация этих мероприятий принесет значительную пользу, как предприятию, так и его окружающей среде, и поможет АО «ГНЦ НИИАР» продолжать свою деятельность в соответствии с высокими стандартами экологической ответственности.

### **3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по управлению отходами на промышленном предприятии**

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проводимые на АО «ГНЦ НИИАР», играют важную роль в разработке и совершенствовании технологий в ядерной отрасли. Однако, эти виды деятельности нередко сопровождаются образованием радиационных отходов, которые могут представлять угрозу как для здоровья работников, так и для окружающей среды. Это обуславливает необходимость эффективной системы управления отходами, которая бы обеспечивала их безопасную обработку, хранение и утилизацию [1].

Проблема управления радиационными отходами на АО «ГНЦ НИИАР» является актуальной и требует комплексного анализа и оценки предлагаемых мероприятий. В контексте быстрого технологического развития и постоянно меняющихся регулирующих норм, необходимо постоянное обновление и совершенствование системы управления отходами.

В данном разделе будут рассмотрены затраты при невыполнении предложенного комплекса мероприятий (авария на производстве), результаты анализа и оценки предлагаемых мероприятий по управлению радиационными отходами на АО «ГНЦ НИИАР».

В ходе исследования был использован комплексный подход, объединяющий различные методы анализа и оценки. В начале исследования был проведен анализ доступных данных о процессах формирования радиационных отходов на предприятии. Это позволило получить общее представление о количестве и характере образующихся отходов, а также об основных этапах их обработки и утилизации.

Далее был проведен литературный обзор, в рамках которого изучались существующие методы управления радиационными отходами на предприятиях аналогичного профиля. Это позволило выявить наиболее эффективные практики и определить основные требования и стандарты в этой области.

В деятельности АО «ГНЦ НИИАР» в области охраны окружающей среды осуществляется широкий спектр мероприятий, направленных на различные аспекты экологической безопасности. Эти «мероприятия включают в себя обеспечение радиационной безопасности окружающей среды, охрану атмосферного воздуха, рациональное использование водных ресурсов, а также обращение с отходами и реабилитацию земель. Кроме того, предпринимаются и другие природоохранные» [9] меры, нацеленные на сохранение биоразнообразия и устойчивое использование природных ресурсов (рисунок 8).



Рисунок 8 – Структура затрат на природоохранную деятельность [33]

Для повышения экономической эффективности переработки отходов предлагается внедрение высокотемпературной печи для сжигания радиоактивных отходов. Этот процесс позволяет нагревать отходы до экстремальных температур без доступа кислорода, что способствует их разложению на базовые компоненты. Затем проводится химическая обработка продуктов разложения, благодаря которой можно извлекать ценные радиоактивные элементы и преобразовывать их в стабильные соединения. Такой подход обеспечивает экономию ресурсов, поскольку позволяет перерабатывать широкий спектр материалов, включая отработанные топливные элементы ядерных реакторов, снижая объем отходов и возвращая в оборот ядерные материалы для дальнейшего использования или безопасного хранения.

Кроме того, разрабатываемые методы управления отходами в АО «ГНЦ НИИАР» включают создание оборудования для переработки специфических типов отходов, например, жидких. При переработке жидких радиоактивных отходов с использованием обессоливания можно извлекать соли, что снижает их радиоактивность. Это позволяет уменьшить затраты на дальнейшую переработку и транспортировку на 30% за счет снижения

уровня опасности и объемов отходов. Таким образом, методы обессоливания играют ключевую роль в экономии расходов на утилизацию и хранение жидких радиоактивных отходов.

Для повышения радиационной безопасности и оптимизации эксплуатационных расходов также предлагается улучшить систему контроля радионуклидов в выбросах ядерных установок. Использование более чувствительных сенсоров и усовершенствованного программного обеспечения может сократить затраты на эксплуатацию оборудования для мониторинга на 15-20%. Улучшение спектра измеряемых параметров и повышение точности анализа позволит более эффективно контролировать выбросы, снижая необходимость в частых технических проверках и исключая возможность незапланированных расходов на устранение нарушений. Геологическое захоронение на большой глубине, также приносит значительные преимущества. Это уменьшает потребность в регулярном техническом обслуживании и постоянном контроле, сокращая эксплуатационные расходы. В результате такой системы экономически выгодное захоронение радиоактивных отходов позволяет не только безопасно их утилизировать, но и минимизировать затраты на их управление, обеспечивая стабильность и устойчивость в долгосрочной перспективе.

«Ориентировочный расчет стоимости работ по захоронению радиоактивных отходов в месте их нахождения рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- а) анализ имеющейся информации о пункте хранения и размещенных в нем отходов:
  - 1) данные по объему ( $V_k$ ) накопленных радиоактивных отходов и их категорий;
  - 2) проводится оценка объема и категории радиоактивных отходов которые должны быть удалены при проведении работ по консервации» [31];

б) «анализ состояния пункта хранения, по имеющейся проектной, конструкторской, эксплуатационной документации устанавливались следующие данные:

- 1) площадь пункта хранения ( $S_{\text{пх}}$ );
- 2) периметр пункта хранения ( $L_{\text{пх}}$ );
- 3) есть ли необходимость в создании отводных каналов вод;
- 4) есть ли необходимость в сооружении покрывающего экрана;
- 5) периметр и площадь ореола загрязнения ( $L_o, S_o$ ), в случае если такое загрязнение выявлено;
- 6) есть ли необходимость в заполнении пустот между упаковками, определяется объем пустот ( $V_{\text{п}}$ ) на основании имеющейся документации;
- 7) есть ли необходимость в проведении работ по реабилитации загрязненной территории, определяется площадь загрязненной территории ( $S_t$ );
- 8) есть ли необходимость в проведении работ по гидроизоляции пункта хранения, с проведением работ по вскрытию фундамента и его гидроизоляции (для специализированных зданий)» [31].

При нормальной эксплуатации ПХРО на операциях приема, входного контроля, внутреннего транспортирования и размещения упаковок на долговременное хранение исключено загрязнение территории объекта, оборудования и специальных транспортных средств, поскольку упаковки РАО, поступающие на временное хранение, приведены к критериям приемлемости и не должны иметь нефиксированного загрязнения поверхностей, кроме того все принимаемые на хранения упаковки проходят входной контроль.

Все возможные аварийные ситуации, связанные с обращением с РАО можно разделить на две категории – проектные и запроектные. К проектным

авариям относятся просыпание ТРО при обращениях с упаковкой, разлив вторичных ЖРО при операциях с ними, отказ грузоподъемных механизмов, отказ и возгорание электрооборудования, отказ и возгорание гидравлических узлов и механизмов, возгорание ТРО, отказ системы вентиляции.

Вторичные ЖРО могут образоваться при операциях дезактивации в пункте дезактивации ПХРО и при операциях по переработке РАО в здании 5 опытно-производственного участка по сортировке, фрагментации и уплотнении ТРО. При дезактивации оборудования, транспортных средств и упаковок в пункте дезактивации отработанные дезрастворы поступают по системе спецканализации в емкость специальных стоков. Емкость герметична, имеет достаточный для исключения выхода дез.растворов в окружающую среду объем (7,5 м<sup>3</sup>). Жидкие отходы периодически проходят радиационный контроль и по его результатам вывозятся в специализированное предприятие (при не превышении нормы отнесения отходов к радиоактивным) или отверждаются (применяются при омоноличивании РАО). В здании вторичные ЖРО могут образоваться при выходе излишков влаги из упаковки при прессовании и виброуплотнении упаковок и при сборе жидкости их транспортных упаковок при приеме и сортировке поступающих на переработку РАО.

Исходные данные для расчета ущерба от аварий на опасных производственных объектах приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчёта ущерба от аварий

| Данные                                                                                         | Показатели |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Стоимость замещения или воспроизводства <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.   | 120000     |
| Стоимость материальных ценностей <i>i</i> -го вида, годных для дальнейшего использования, руб. | 130000     |
| Утилизационная стоимость <i>i</i> -го вида уничтоженных основных фондов, руб.                  | 60000      |
| Стоимость ремонта <i>i</i> -го вида поврежденных основных фондов, руб.                         | 7000       |

Продолжение таблицы 7

| Данные                                                                                                      | Показатели |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Ущерб, причиненный $i$ -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.                               | 3500000    |
| Ущерб, причиненный $j$ -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб. | 2100000    |
| Заработная плата сотрудников предприятия, руб/день                                                          | 6000       |
| Доля сотрудников, не использованных на работе                                                               | 20         |
| Условно-постоянные расходы, руб/день                                                                        | 3000       |
| Продолжительность простоя объекта, дни                                                                      | 10         |
| Объем $i$ -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии                                                | 7000       |
| Средняя оптовая стоимость единицы $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.                  | 15000      |
| Средняя себестоимость единицы $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.                      | 12000      |
| Ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.  | 210000     |
| Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.                                    | 3300000    |
| Расходы на расследование аварии, руб.                                                                       | 220000     |

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах рассчитывается по формуле 1:

$$П_a = П_{п.п.} + П_{сэ} + П_{н.в.} + П_{экол} + П_{л.а.} + П_{в.т.р.}, \quad (1)$$

где  $П_a$  – «полный ущерб от аварий, руб.;

$П_{п.п.}$  – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$П_{сэ}$  – социально-экономические потери, руб.;

$П_{н.в.}$  – косвенный ущерб, руб.;

$П_{экол}$  – экологический ущерб, руб.;

$П_{л.а.}$  – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$П_{в.т.р.}$  – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.».

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле 2:

$$\Pi_{п.п.} = \Pi_{о.ф.} + \Pi_{тм.ц.}, \quad (2)$$

где  $\Pi_{о.ф.}$  – «потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$\Pi_{тм.ц.}$  – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.».

$$\Pi_{п.п.} = 260000 + 5600000 = 5860000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов рассчитываются по формуле 3:

$$\Pi_{о.ф.} = \Pi_{о.ф.у.} + \Pi_{о.ф.п.}, \quad (3)$$

где  $\Pi_{о.ф.у.}$  – «потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{о.ф.п.}$  – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.».

$$\Pi_{о.ф.} = 190000 + 70000 = 260000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов рассчитываются по формуле 4:

$$\Pi_{о.ф.у.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (4)$$

где  $n$  – «число видов уничтоженных основных фондов;

$S_{oi}$  – стоимость замещения или воспроизводства  $i$ -го вида уничтоженных основных фондов, руб.

$S_{mi}$  – стоимость материальных ценностей  $i$ -го вида, годных для дальнейшего использования, руб;

$S_{yi}$  – утилизационная стоимость  $i$ -го вида уничтоженных основных

фондов, руб.» .

$$\Pi_{o.ф.у.} = (120000 - (130000 - 60000)) = 190000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов рассчитываются по формуле 5:

$$\Pi_{o.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi} , \quad (5)$$

где  $n$  – «число видов поврежденных основных фондов;

$S_{pi}$  – стоимость ремонта  $i$ -го вида поврежденных основных фондов, руб.» .

$$\Pi_{o.ф.п.} = 70000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей рассчитываются по формуле 6:

$$\Pi_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n \Pi_{ti} + \sum_{j=1}^m \Pi_{cj} , \quad (6)$$

где  $n$  – «число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

$\Pi_{ti}$  – ущерб, причиненный  $i$ -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

$m$  – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

$\Pi_{cj}$  – ущерб, причиненный  $j$ -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.».

$$\Pi_{т.м.ц.} = 3500000 + 2100000 = 5600000 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери отсутствуют:

$$\Pi_{сэ}=0$$

Косвенный ущерб, вследствие аварий рассчитывается по формуле 7:

$$\Pi_{н.в.}=\Pi_{н.п.}+\Pi_{з.п.}+\Pi_{ш}+\Pi_{н.п.т.л.}, \quad (7)$$

где  $\Pi_{н.п.}$  – «часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$\Pi_{з.п.}$  – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$\Pi_{ш}$  – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени, руб.;

$\Pi_{н.п.т.л.}$  – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» .

$$\Pi_{н.в.} = 21000000 + 1230000 + 30000000 + 500000 = 52730000 \text{ руб.}$$

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитываются по формуле 8:

$$\Pi_{з.п.}=(V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (8)$$

где  $V_{з.п.}$  – «заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

$A$  – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$  – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$  – продолжительность простоя объекта, дни» .

$$\Pi_{з.п.} = (6000 \cdot 20 + 3000) \cdot 10 = 1230000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя рассчитывается по формуле 9:

$$\Pi_{\text{н.п.}} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (9)$$

где  $n$  – «количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

$\Delta Q_i$  – объем  $i$ -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

$S_i$  – средняя оптовая стоимость единицы  $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.

$B_i$  – средняя себестоимость единицы  $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии».

$$\Pi_{\text{н.п.}} = 7000 \cdot (15000 - 12000) = 21000000 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб определяется по формуле 10:

$$\Pi_{\text{экол}} = \Xi_o \cdot \Pi_{\text{экол}}, \quad (10)$$

где  $\Xi_o$  – «ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.» .

$$\Pi_{\text{экол}} = 210000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии рассчитывается по формуле 11:

$$\Pi_{\text{л.а.}} = \Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{р}}, \quad (11)$$

где  $\Pi_{\text{л}}$  – «расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$\Pi_{\text{р}}$  – расходы на расследование аварии, руб.».

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{л.а.}} &= 3300000 + 220000 = 3520000 \text{ руб.} \\ \Pi_{\text{а}} &= 5860000 + 0 + 52730000 + 210000 + 3520000 + 0 \\ &= 62320000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Годовой экономический эффект определим по формуле 12:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Z}, \quad (12)$$

где  $\mathcal{Z}$  – «величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$\Pi$  – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.».

$$\mathcal{E} = 62320000 - 4200000 = 58120000 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 13:

$$\mathcal{Z} = C + E_{\text{н}} \cdot K, \quad (13)$$

где  $C$  – «текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

$K$  – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.».

$$\mathcal{Z} = 200000 + 0,16 \cdot 25000000 = 4200000 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат рассчитывается по формуле 14:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{Z}}. \quad (14)$$

$$\Theta_3 = \frac{58120000}{4200000} = 13,84$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий рассчитывается по формуле 15:

$$\Theta_k = \frac{(\Theta - C)}{K} = \frac{(58120000 - 2000000)}{2500000} = 23,17 \quad (15)$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий рассчитывается по формуле 16:

$$T_{ед} = \frac{З}{\Theta}, \quad (16)$$

где  $T_{ед}$  – «срок окупаемости приведенных затрат, год;

$З$  – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$\Theta$  – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.».

$$T_{ед} = \frac{2500000}{58120000} = 0,04 \text{ лет}$$

Из-за высокой степени ответственности и потенциальной опасности, связанной с радиоактивными материалами, затраты на управление опасными радиационными отходами могут составлять значительную часть бюджета организации, особенно в случае, если требуются специальные инновационные решения или высокие стандарты безопасности.

Таким образом, для недопущения аварии, необходимо соблюдать комплекс мероприятий. Расходы на выполнение комплекса необходимых мероприятий представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Данные для выполнения комплекса мероприятий.

| Данные                                                                                                                                                                                                            | Показатели |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Разработка и внедрение специализированных технологий обработки и утилизации радиоактивных отходов, соответствующих особенностям их образования научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, руб. | 200000     |
| Приобретение специализированного оборудования для обработки, транспортировки и хранения радиоактивных отходов, которое соответствует требованиям безопасности и экологическим стандартам, руб.                    | 600000     |
| Строительство и обновление сооружений для безопасного хранения радиоактивных отходов, включая создание необходимых инженерных систем и мер безопасности, руб.                                                     | 4000000    |
| Затраты на создание отводных каналов, руб.                                                                                                                                                                        | 250000     |
| Затраты на создание покрывающего экрана, руб.                                                                                                                                                                     | 300000     |
| Затраты на омоноличивание РАО, руб.                                                                                                                                                                               | 200000     |
| Обучение персонала по правилам обращения с радиоактивными материалами, безопасности труда и экологическим нормам, а также подготовка специалистов по обработке и утилизации радиоактивных отходов, руб.           | 200000     |
| Затраты на создание барьеров на пути миграции радионуклидов из ПХ, локализации ореола загрязнения, руб.                                                                                                           | 350000     |
| Затраты на проведение гидроизоляции с вскрытием внешней стороны барьеров безопасности и дальнейшей обваловкой периметра здания, руб                                                                               | 150000     |
| Затраты на проведение реабилитации территории, руб.                                                                                                                                                               | 150000     |
| Затраты на извлечение, переработку, кондиционирование, транспортировку и захоронение части извлекаемых РАО, руб.                                                                                                  | 350000     |
| Затраты на подготовительные мероприятия по консервации ПХРО (разработка проекта, получение лицензии) , руб.                                                                                                       | 200000     |
| Затраты на проведение радиационного контроля ПХРО, до окончания расчетного периода, руб                                                                                                                           | 350000     |
| Затраты на работы по реконструкции барьеров безопасности, руб                                                                                                                                                     | 500000     |
| Затраты на работы по переводу пункта консервации в пункт захоронения, руб.                                                                                                                                        | 150000     |
| Общие затраты, руб.                                                                                                                                                                                               | 7950000    |

Затраты на внедрение мероприятий по управлению опасными радиационными отходами, образующимися в результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на АО «ГНЦ НИИАР» составляют семь миллион девятьсот пятьдесят тысяч рублей.

При соблюдении в полном объеме комплекса мероприятий и постоянного мониторинга радиационной обстановки с соблюдением всех

требований регулирующих органов в области радиационной безопасности и экологической защиты, АО «ГНЦ НИИАР» снизит риск возникновения аварий на предприятии к нулю.

Вывод по разделу.

В разделе был проведён анализ системы управления отходами, сделан вывод о соответствии деятельности научно-исследовательского института нормативно-правовым требованиям в области управления отходами и описываются проблемы в области обращения с отходами.

Разработка и внедрение новых методов управления радиоактивными отходами и повышения радиационной безопасности в научно-исследовательском центре не только способствует улучшению условий труда и соблюдению нормативных требований, но также является важным шагом к снижению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечению устойчивого развития. Это имеет значение как с экономической стороны, так и с точки зрения сокращения потребления ресурсов и уменьшения вредного воздействия на природу. Реализация предложенных мероприятий становится важным шагом в направлении обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития предприятия.

В процессе анализа были выявлены как успехи, так и проблемные моменты, что подчеркивает необходимость постоянного контроля и совершенствования системы управления отходами. Организационные и технические аспекты, а также важность участия персонала и поддержки руководства, выделяются как ключевые факторы успешной реализации мероприятий. Результаты анализа подтверждают необходимость постоянного внимания к вопросам управления отходами для обеспечения сохранения окружающей среды, здоровья сотрудников и устойчивого развития предприятия.

Внедрение предлагаемых мероприятий по управлению отходами, образующимися при научно-исследовательских и опытно-конструкторских

работах на АО «ГНЦ НИИАР», играет ключевую роль в обеспечении безопасности, эффективности и экологической устойчивости производственного процесса. Анализ и оценка эффективности этих мероприятий позволяют сделать следующие выводы:

- внедрение инновационных технологий и методов управления отходами способствует эффективной утилизации и переработке отходов, что снижает их негативное воздействие на окружающую среду;
- экономическая эффективность новых методов и технологий позволяет снизить затраты на управление отходами и повысить эффективность производственного процесса;
- сокращение количества образующихся отходов свидетельствует о успешности применяемых мероприятий и необходимости их дальнейшего развития и оптимизации.

На основании проведенного анализа можно утверждать, что предлагаемые мероприятия по управлению отходами на АО «ГНЦ НИИАР» демонстрируют положительные результаты и способствуют созданию безопасной, эффективной и экологически устойчивой рабочей среды.

## **Заключение**

Анализ опасных радиационных отходов, образующихся при проведении научно-исследовательских работ, подчеркивает необходимость осознанного и ответственного подхода к управлению радиационными материалами и отходами. Потенциальные риски и последствия, связанные с такими отходами, включают в себя не только угрозы для здоровья человека, но и серьезные экологические, социальные и экономические последствия. Это подчеркивает важность разработки и применения эффективных стратегий и методов управления, обработки и утилизации радиоактивных отходов.

В первом разделе, входе исследования были определены:

- нормативные документы, согласно которых проводится управление отходами в организации;
- виды отходов образующихся на предприятии;
- способы удаления отходов с территории предприятия.

Для обеспечения безопасности и устойчивого развития необходимо уделять повышенное внимание мерам по предотвращению аварийных ситуаций, соблюдению правил и нормативов, а также проведению обучения и подготовки персонала. Также важно развивать инновационные методы обработки и утилизации отходов, направленные на минимизацию их воздействия на окружающую среду и общественное здоровье.

Кроме того, необходимо проводить систематический мониторинг и контроль за радиационными отходами, а также обеспечивать прозрачность и доступность информации о них для общественности. Только такой комплексный подход позволит справиться с вызовами, связанными с управлением радиоактивными отходами, и обеспечить безопасное и устойчивое будущее для всех.

В ходе исследования данного раздела были решены следующие задачи:

- проведён анализ требований нормативно-правовых актов и нормативных документов к документам управления отходами;
- проведён анализ отходов, образующихся на предприятии;
- проведён анализ системы управления отходами;
- выявлены проблемы в области обращения с отходами.

Во втором разделе производился подробный анализ опасных радиационных отходов, образующихся при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, с определением мест хранения.

В рамках данного исследования было уделено основное внимание анализу системы управления опасными радиационными отходами в условиях организации. Анализ позволил выявить, что неэффективное управление радиационными отходами может привести к серьезным последствиям, таким как угроза здоровью работников, экологические риски и финансовые потери для организации.

В ходе исследования были выявлены полезные модели и методы, способные обеспечить безопасное управление радиационными отходами в организации. Проанализированы их преимущества и недостатки, а также предложены способы оптимизации существующей системы управления опасными радиационными отходами.

Рассмотрены конкретные варианты по улучшению управления опасными радиационными отходами, включая разработку новых технологий обработки и сжигания отходов, а также улучшение мероприятий по мониторингу и контролю за радиационной безопасностью.

Был рассмотрен вариант одного из способов безопасной утилизации радиоактивных отходов. Актуальным на данный момент решением по безопасной утилизации отходов будет являться разработка комплексного плана мероприятий. Полученные результаты могут быть важным вкладом в улучшение системы управления опасными радиационными отходами в

организации и минимизацию связанных с этим рисков.

Была приведена типовая форма комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процессов обращения с отходами. Путем ее введения на предприятиях будут сокращаться затраты на обращения с отходами и уменьшаться риск аварий.

В третьем разделе был проведён анализ системы управления отходами, сделан вывод о соответствии деятельности научно-исследовательского института нормативно-правовым требованиям в области управления отходами и описываются проблемы в области обращения с отходами.

Разработка и внедрение новых методов управления радиоактивными отходами и повышения радиационной безопасности в научно-исследовательском центре не только способствует улучшению условий труда и соблюдению нормативных требований, но также является важным шагом к снижению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечению устойчивого развития. Это имеет значение как с экономической стороны, так и с точки зрения сокращения потребления ресурсов и уменьшения вредного воздействия на природу. Реализация предложенных мероприятий становится важным шагом в направлении обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития предприятия.

В процессе анализа были выявлены как успехи, так и проблемные моменты, что подчеркивает необходимость постоянного контроля и совершенствования системы управления отходами. Организационные и технические аспекты, а также важность участия персонала и поддержки руководства, выделяются как ключевые факторы успешной реализации мероприятий. Результаты анализа подтверждают необходимость постоянного внимания к вопросам управления отходами для обеспечения сохранения окружающей среды, здоровья сотрудников и устойчивого развития предприятия.

Внедрение предлагаемых мероприятий по управлению отходами,

образующимися при научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах на АО «ГНЦ НИИАР», играет ключевую роль в обеспечении безопасности, эффективности и экологической устойчивости производственного процесса. Анализ и оценка эффективности этих мероприятий позволяют сделать следующие выводы:

- внедрение инновационных технологий и методов управления отходами способствует эффективной утилизации и переработке отходов, что снижает их негативное воздействие на окружающую среду;
- экономическая эффективность новых методов и технологий позволяет снизить затраты на управление отходами и повысить эффективность производственного процесса;
- сокращение количества образующихся отходов свидетельствует о успешности применяемых мероприятий и необходимости их дальнейшего развития и оптимизации.

На основании проведенного анализа можно утверждать, что предлагаемые мероприятия по управлению отходами на АО «ГНЦ НИИАР» демонстрируют положительные результаты и способствуют созданию безопасной, эффективной и экологически устойчивой рабочей среды. Однако для дальнейшего совершенствования процессов управления отходами необходимо продолжать исследования, разработку новых методов и технологий, а также постоянный мониторинг и анализ результатов внедрения.

## Список используемых источников

1. Абаев Л.Ч., Олейник А.С. Антитеррористическая защита ядерно опасных объектов Российской Федерации: опыт и технологии. Сб. материалов / Российский институт стратегических исследований. М., 2011. 330 с. 2.
2. Ананьев В.Ю., Барковский А.Н., Брук Г.Я. и др. Деятельность Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации // В книге: Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2012. С. 52-119. 3.
3. Белокрылова Е.А. Постатейный комментарий к Федеральному закону от 9 января 1996 г. № 3 «О радиационной безопасности населения» / Под. ред. А.П. Анисимова. М., Саратов: «Ай Пи Эр Медиа», 2009. 280 с.
4. Богоненко В.А. Понятие ядерной безопасности: международные акты и национальное законодательство // В сборнике: Право, экономика и управление: состояние, проблемы и перспективы / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2022. С. 228-236.
5. Бринчук М. М. Энергетическая безопасность и экологическое право // Экологическое право. 2007. № 4, 5. С. 8-14, 16-20.
6. Вагина О.В., Гаевская Е.Ю., Савина Л.Я. Экологическая безопасность как составная часть национальной безопасности Российской Федерации // Бизнес, Менеджмент и Право. 2018. № 2. С. 27 - 29.
7. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (Заключена в г. Вене 21.05.1963) [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс.
8. Линге И.И. Особые радиоактивные отходы. М.: ООО «САМ

полиграфист», 2015. 240 с.

9. Научный годовой отчет АО «ГНЦ НИИАР» (отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2022 г.) / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.В. Калыгина. Димитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2023. 296 с.

10. НП-093-14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии [Электронный ресурс]. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения. Сайт информационной системы «Меганорм». Режим доступа: в свободном доступе. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293769/4293769598.htm> (дата обращения: 31.01.2023).

11. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116 (ред. от 11.06.2021) // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/).

12. О радиационной безопасности населения [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 09.01.1996 № 3 // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/).

13. О специальных экологических программах реабилитации радиационно загрязненных участков территории [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.07.2001 г. № 92 (ред. от 25.06.2012) // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_32441/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32441/).

14. Об использовании атомной энергии [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.11.1995 № 170 // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8450/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8450/) (дата обращения 15.03.2024).

15. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 11.07.2011 № 190 // URL:

[https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_116552/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116552/) (дата обращения 28.04.2024).

16. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89 (ред. от 19.12.2022) // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 28.04.2024).

17. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 (ред. от 14.07.2022) // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения 28.04.2024).

18. Об утверждении Положения о разработке и утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 01.12.1997 № 1511 // URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_16965/541a62051fe9e07949a4010f020f57c7f18aa605/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16965/541a62051fe9e07949a4010f020f57c7f18aa605/) (дата обращения 15.03.2024).

19. Объединённая конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс]. Сайт информационной системы «Меганорм». Режим доступа: в свободном доступе. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293841/4293841940.htm> (дата обращения: 01.02.2023).

20. Патент RU 2 667 149 C1 Российская Федерация. Установка для переработки радиоактивных отходов / Полканов М.А. (RU), Розин В.Н. (RU), заявл. 06.12.2017; опубл. 17.09.2018 // URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2175458C1\\_20011027](https://yandex.ru/patents/doc/RU2175458C1_20011027).

21. Патент RU 2 7545 771 C1 Российская Федерация. Способ захоронения радиоактивных отходов и контейнер для их хранения / Узиков В.А. (RU): Узиков В.А. (RU); заявл. 10.03.2022; опубл. 07.09.2021 // URL:

[https://yandex.ru/patents/doc/RU2754771C1\\_20210907](https://yandex.ru/patents/doc/RU2754771C1_20210907).

22. Патент RU 2 791 278 C1 Российская Федерация. Печь для сжигания радиоактивных отходов / Луконин Д.А. (RU), Симонов В.И. (RU); заявл. 30.06.2022; опубл. 07.03.2023 // URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2791278C1\\_20230307](https://yandex.ru/patents/doc/RU2791278C1_20230307).

23. Патент RU 2 170 966 C1 Российская Федерация. Способ обращения с радиоактивными отходами (варианты) / Гаврилов С.Д. (RU), Смирнов П.Л. (RU): заявитель и правообладатель Гаврилов С.Д. (RU), Смирнов П.Л. (RU), Фирма МП "ПРЕКСАТ" (RU); заявл. 14.03.2020; опубл. 20.07.2001 URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2170966C1\\_20010720](https://yandex.ru/patents/doc/RU2170966C1_20010720).

24. Патент RU 2 687 842 C1 Российская Федерация. Способ комплексного контроля радионуклидов в выбросах ядерных энергетических установок / Епимахов В.Н. (RU), Олейник М.С. (RU), Ильин В.Г. (RU), Саранча О.Н. (RU); заявл. 23.08.2018; опубл. 16.05.2019 // URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2687842C1\\_20190516](https://yandex.ru/patents/doc/RU2687842C1_20190516).

25. Патент RU 2 7545 771 C1 Российская Федерация. Способ захоронения радиоактивных отходов и контейнер для их хранения / Узиков В.А. (RU): Узиков В.А. (RU); заявл. 10.03.2022; опубл. 07.09.2021 URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2754771C1\\_20210907](https://yandex.ru/patents/doc/RU2754771C1_20210907).

26. Патент RU 2 768 246 C1 Российская Федерация. Способ иммобилизации жидких радиоактивных отходов в пористый материал / Казаковский Н.Т. (RU), Королев В.А. (RU), Юхимчук А.А. (RU), Токарев М.Г. (RU): заявитель и правообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация "Росатом") (RU); заявл. 20.07.2020; опубл. 23.03.2022 URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2768246C1\\_20220323](https://yandex.ru/patents/doc/RU2768246C1_20220323).

27. Патент RU 2 788 675 C1 Российская Федерация. Способ дезактивации отработанных ионообменных смол ядерного-топливного цикла, загрязненных гематитом / Мацкевич А.И. (RU), Маркин Н.С. (RU):

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН) (RU); заявл. 08.11.2022; опубл. 24.01.2023 URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2788675C1\\_20230124](https://yandex.ru/patents/doc/RU2788675C1_20230124).

28. Патент RU 2 788 675 C1 Российская Федерация. Способ переработки отработавшего экстрагента, содержащего трибутилфосфат / Алексеенко В.Н. (RU), Аксютин П.В. (RU): Федеральное государственное унитарное предприятие "Горно-химический комбинат" (ФГУП "ГХК") (RU); заявл. 30.05.2022; опубл. 02.03.2023 URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2791103C1\\_20230302](https://yandex.ru/patents/doc/RU2791103C1_20230302).

29. Патент RU 35633 U1 Российская Федерация. Технологический комплекс для переработки жидких радиоактивных отходов / Кудрявский Ю.П. (RU), Ряпосов Ю.А. (RU), Дернов А.Ю. (RU), Рахимова О.В. (RU); заявл. 14.10.2003; опубл. 27.01.2004 // URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU35633U1\\_20040127](https://yandex.ru/patents/doc/RU35633U1_20040127).

30. Постановление ГД ФС РФ от 12.04.2017 г. № 1319-7 «О проекте федерального закона № 96700118-2 «О гражданско-правовой ответственности за причинение ядерного вреда и ее финансовом обеспечении» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс.

31. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 г. № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с «НРБ99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс.

32. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 г. № 40 (ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» (вместе с «СП 2.6.1.2612-10. ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы...») [Электронный ресурс] // СПС

КонсультантПлюс.

33. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 339 «О сотрудничестве по вопросам развития национальных систем регулирования ядерной и радиационной безопасности при использовании атомной энергии в 71 мирных целях в государствах, являющихся заказчиками сооружения по российским проектам объектов использования атомной энергии» // СЗ РФ. 2014. № 18 43.

34. Постановление Правительства РФ от 24.11.1998 г. № 1371 (ред. от 28.02.2018) «О регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов» // СЗ РФ. 1998. № 48. Ст. 5938.

35. Приказ Ростехнадзора от 28.09.2016 г. № 405 (ред. от 10.07.2018) «Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс.

36. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами МАГАТЭ, IAEA-TCS-27 ISSN 1018–5518 Вена, 2005.

37. Чечеткин Ю.И., Грачев А.Ф. Обращение с радиоактивными отходами. Самара: Сам. Дом печати, 2000. 248 с.

38. Эксплуатационные ограничения, условия и эксплуатационные процедуры для исследовательских реакторов. Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Research Reactors. IAEA Safety Standards Series No. SSG-83 // URL: <https://www.iaea.org/publications/15096/operational-limits-and-conditions-andoperating-procedures-for-research-reactors>). (дата обращения: 02.10.2024).

39. Эксплуатирующая организация и набор, обучение и квалификация персонала исследовательских реакторов. The Operating Organization and the Recruitment, Training and Qualification of Personnel for Research Reactors. IAEA Safety Standards Series No.SSG-84 // URL:

<https://www.iaea.org/publications/15100/the-operatingorganization-and-the-recruitment-training-and-qualification-of-personnel-for-research-reactors>). (дата обращения: 02.10.2024)

40. Chapman, N.A., «The Potential of Natural Analogues in Assessing Systems for Deep Disposal of High-level Radioactive Waste» // KBS TR-16, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) and Swiss Cooperative for the Storage of Radioactive Waste (NAGRA). 1984. 545, 125-127.

41. Gausemeier, J./Fink, A./Schlake, O. Szenario-Management. // Planen und Führen mit Szenarien, Munchen. 1996, 37, 78-80.

42. Hocke, P./Grunwald, A. Wohin mit dem radioaktiven Abfall Perspektiven für eine sozialwissenschaftliche Endlagerforschung, // Edition Sigma. 2006, 23, 99-105.

43. Knebel, J./Fazio, C./Maschek, W./Tromm, W. «Was tun mit dem nuklearen Abfall» // In: Spektrum der Wissenschaft. 2013. 02, 34 - 41.

44. Lubbert, D./Ahlsvede, J. Transmutation radioaktiver Abfälle - Lösung der Endlagerproblematik // Wissenschaftliche Dienste, Deutscher Bundestag, 2008 Nr. 61 /08, 153-160.

45. Milowdowski, A.E., W.R. Alexander, J.M. West et al., A Catalogue of Analogues for Radioactive Waste Management // Commissioned Report. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham. 2015. CR/15/106, 110-115.