

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов

УДК 614.8:621.039.743

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Лисичкин Виталий Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А. Н.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев М. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

**Результаты освоения образовательной программы по направлению
20.03.01 Техносферная безопасность**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях –	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8),

	потенциальных работодателей, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателей, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф.стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Е.В.
Ларионова
01.04.2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е41	Лисичкин Виталий Викторович

Тема работы:

Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

411/с от 24.01.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является пункт захоронения радиоактивных отходов. Предмет - возникновение чрезвычайной ситуации. В ходе исследования необходимо сделать вывод о возможности возникновения аварии.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов,

Литературный обзор.
Анализ объекта исследования.
Идентификация возможных опасностей.
Расчет риска возникновения ЧС.
Оценка последствий возникновения ЧС.

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов. Ситуационный план района. Разрез ячейки заглубленного захоронения. Конструкция инженерных барьеров заглубленного ПЗРО. Разрез площадки временного хранения РАО 3 класса. Разрез площадки временного хранения РАО 4 класса. Результаты экспертного оценивания. Ранжирование значений вероятности. Значения вероятностей возникновения исходного события. Значения вероятностей возникновения событий. Матрица оценки уровня риска. Дерево отказов Значения происшествий дерева отказов.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев М.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Подопригора И.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.04.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н.		01.04.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Лисичкин Виталий Викторович		01.04.2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.2019 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2019 г.	Раздел «Литературный обзор». Анализ методики оценки риска и основы обращения с радиоактивными отходами.	20
15.04.2019 г.	Раздел «Объект исследования и его характеристики». Изучение характеристик и технологического процесса захоронения радиоактивных отходов.	10
29.04.2019 г.	Раздел «Расчетная часть». Идентификация опасностей, составление дерева отказов.	25
06.05.2019 г.	Раздел «Расчетная часть». Оценка риска реализации чрезвычайной ситуации и его последствий.	15
13.05.2019 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
20.05.2019 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		01.04.2019

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		01.04.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-1Е41	Лисичкин Виталий Викторович

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 «Техносферная безопасность»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов (18 корпус, 408 аудитория).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Провести анализ специальных правовых норм трудового законодательства; организационных мероприятий при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); – неудовлетворительный микроклимат. – воздействие ионизирующего излучения – поражение электрическим током
3. Экологическая безопасность	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Лисичкин Виталий Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е41	Лисичкин Виталий Викторович

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 «Техносферная безопасность»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	Человеческие ресурсы – 2 человека. Финансовые ресурсы – 200017,5 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.	Районный коэффициент – 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Отчисления на социальные нужды – 28%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование научно-исследовательских работ	Определение структуры работ в рамках НТИ. Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения НТИ. Расчет бюджета НТИ.
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных разработок
2. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
3. Временные показатели проведения научного исследования
4. Календарный план-график проведения НТИ
5. Материальные затраты
6. Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ
7. Расчет основной заработной платы и дополнительной
8. Отчисления во внебюджетные фонды
9. Накладные расходы
10. Расчет бюджета затрат НТИ
11. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е41	Лисичкин В.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 85 с., 7 рис., 29 табл., 19 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пункт захоронения, радионуклиды, радиоактивные отходы, оценка риска.

Объектом исследования является пункт захоронения радиоактивных отходов. Предмет - возникновение чрезвычайной ситуации. В ходе исследования необходимо сделать вывод о возможности возникновения аварии.

Цель работы заключается в оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО).

В процессе работы проведена оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации на пункте захоронения радиоактивных отходов. В ходе анализа был определен риск возникновения ЧС. А также предложены превентивные мероприятия для уменьшения этого показателя.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	16
1. Литературный обзор.....	18
1.1 Основы методологии оценки риска.....	18
1.2 Методы оценки риска	19
1.3 Виды радиоактивных отходов (РАО).....	20
1.4 Способы хранения РАО	22
2. Объект исследования и его характеристики	24
2.1 Основные характеристики ПЗРО	26
2.2 Технологический процесс захоронения РАО на ПЗРО.....	30
3. Расчетная часть.....	34
3.1 Идентификация опасностей.....	34
3.2 Оценка риска реализации ЧС на ПЗРО.....	35
3.3 Оценка последствий возникновения ЧС	41
4. Социальная ответственность	43
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	44
4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	44
4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	44
4.2 Производственная безопасность	46
4.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	46
4.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	47
4.3 Экологическая безопасность	54

4.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	54
4.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	55
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	56
4.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	57
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	60
5.1 Предпроектный анализ	60
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	60
5.3 Планирование работ.....	61
5.4 Определение трудоемкости выполнения работ.....	63
5.5 Разработка графика проведения научного исследования	63
5.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	67
5.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	67
5.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	68
5.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы	69
5.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	72
5.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	72
5.6.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки	73
5.6.7 Контрагентные расходы.....	74
5.6.8. Накладные расходы.....	74
5.6.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74

5.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	75
	Заключение	79
	Список литературы	80
	Приложение 1	82
	Приложение 2	84

ВВЕДЕНИЕ

Проблема управления отходами стала одной из наиболее важных во всем мире. В связи с этим, на конференции в Рио-де-Жанейро была предложена концепция устойчивого развития. Это понятие содержит идею, которая заключается в необходимости создания такого состояния, в котором взаимодействие общества и природы находится в гармонии, или коэволюции. Данная концепция предусматривает использование всех возможных методов обезвреживания.

До настоящего времени проблема постоянного накопления отходов не решена ни одной страной мира. Наибольшую угрозу для окружающей среды приносят производственные отходы.

Производственные отходы являются одним из результатов технологических процессов. К ним относят:

- отходы, образующиеся при механической и физико-химической переработке сырья и материалов;
- отходы, образующиеся при добыче и обогащении полезных ископаемых;
- вещества, улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод.

Отдельным видом отходов являются радиоактивные отходы.

Радиоактивные отходы (РАО) – не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие источники ионизирующего излучения), содержание радионуклидов в которых превышает допустимые уровни [1].

Радиоактивные отходы должны быть обязательно изолированы, так как они могут оказать пагубное воздействие на окружающую среду и людей.

Во многих странах мира существует система хранилищ радиоактивных отходов. В странах Европы РАО в основном располагаются в

приповерхностных или мелкозалегающих хранилищах. В США для хранения используются ячейки мелкого залегания в земле, где отходы размещаются в упакованном виде.

В России проблема утилизации РАО решается на протяжении нескольких лет. Более 1 миллиона м³ радиоактивных отходов уже изолировано в Томской области, Красноярском и Забайкальском крае [2].

В настоящее время обеспечение безаварийной работы «ядерных» объектов является передовой задачей не только государств, но и мирового сообщества. На каждом объекте безопасность стараются поддерживать на высоком уровне. Но, несмотря на это, у многих жителей городов возникает страх наступления аварии, которая окажет негативное воздействие не только на окружающую среду, но и на людей. Это, вероятно, связано не с частотой возникновения аварий на радиационно-опасных объектах, а с масштабами последствий и нанесенным ущербом от таких инцидентов, ведь последствия аварий часто достигают катастрофических масштабов. Весьма актуален вопрос своевременной и качественной оценки рисков ЧС, что позволяет принять меры, по исключению и минимизации факторов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций.

Цель работы – оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО).

Задачи, поставленные перед началом работы:

1. Описание объекта исследования.
2. Анализ процесса захоронения РАО.
3. Выявление факторов приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций и оценка вероятности их возникновения.
4. Разработка мероприятий по снижению уровня риска возникновения чрезвычайных ситуаций на ПЗРО.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Основы методологии оценки риска

Методология риска широко применяется в решении многофакторных задач в области безопасности. Ее основой является определение вероятности возникновения нежелательного события, а также его последствий.

Под риском понимается сочетание вероятности или частоты и последствий некоторого события.

Оценка риска аварии – комплекс мероприятий, используемый для определения возможности реализации опасной ситуации, приводящей к аварии, а также определения степени тяжести последствий как для человека, так и для окружающей его среды. Оценка риска включает описание и определение качественных и (или) количественных показателей, характеристик, признаков возможности возникновения и тяжести последствий реализации инцидентов, аварий. Оценка риска включает анализ вероятности (или частоты), анализ последствий и их сочетания [3].

Оценка риска выполняется с различной степенью детализации, зависящая от уровня сложности. Она может включать как использование одного метода оценивания, так и нескольких разного уровня сложности. Форма оценки и ее выходные данные должны быть совместимы с критериями риска, установленными при определении области применения.

Должно быть приведено обоснование выбора методов оценки риска с указанием их приемлемости и пригодности. Необходимо обеспечить соответствие используемых методов и выходных данных для объединения результатов различных исследований.

После принятия решения о выполнении оценки риска и определения области ее применения следует выбрать методы оценки риска на основе:

- цели исследования;
- ответственности принимаемых решений;

- типа и диапазона анализируемого риска;
- возможных последствий опасного события;
- степени необходимых экспертиз, человеческих и других ресурсов;
- доступности информации и данных;
- потребности в модификации/обновлении оценки риска;
- обязательных и договорных требований [4].

1.2 Методы оценки риска

Исходя из имеющихся данных для оценки риска (доступность ресурсов, степень неопределенности данных), выбирают метод оценки риска.

Существует несколько видов оценки риска:

- **детерминистский** — проводится анализ последовательности этапов развития опасного явления от исходного события, предполагаемых стадий отказов и разрушения компонентов рассматриваемой системы. Аварийный процесс предсказывается при помощи математического моделирования, построения имитационных моделей и сложных расчетов. Недостатки метода: потенциальная возможность не проанализировать редко реализующие, но важные цепочки событий при развитии аварии, сложность математического моделирования и высокая стоимость экспериментальных исследований;
- **вероятностный** — предполагает оценку вероятности возникновения опасного явления и расчет процесса его развития. Анализируются разветвленные цепочки событий, выбирается подходящий математический аппарат и определяется полная вероятность негативных последствий. Расчетные математические модели могут значительно упростить детерминистские схемы, но при этом снижается достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий;

- экспертный – применяются количественные оценки риска путем обработки мнений специалистов. Используется при решении сложно формализующих задач, когда имеется неполнота или недостоверность информации, не позволяющие использовать другие методы. Экспертные оценки оформляются в виде качественных характеристик или количественных значений вероятности рассматриваемых событий и процессов. Математическая обработка экспертных данных проводится при помощи нечетких моделей, основанных на использовании нечетких множеств и нечетной статистики [5].

1.3 Виды радиоактивных отходов (РАО)

Радиоактивные отходы подразделяются на:

1. Удаляемые радиоактивные отходы – радиоактивные отходы, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, иные риски, а также затраты, связанные с извлечением таких радиоактивных отходов из пункта хранения радиоактивных отходов, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, не превышают риски и затраты, связанные с захоронением таких радиоактивных отходов в месте их нахождения.

2. Особые радиоактивные отходы – радиоактивные отходы, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, иные риски, а также затраты, связанные с извлечением таких радиоактивных отходов из пункта хранения радиоактивных отходов, превышают риски и затраты, связанные с захоронением таких радиоактивных отходов в месте их нахождения.

Удаляемые радиоактивные отходы для целей их захоронения классифицируются по следующим признакам:

- в зависимости от периода полураспада содержащихся в радиоактивных отходах радионуклидов;

- в зависимости от удельной активности – высокоактивные радиоактивные отходы, среднеактивные, низкоактивные, очень низкоактивные (таблица 1);

- в зависимости от агрегатного состояния – жидкие, твердые, газообразные радиоактивные отходы.

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы.

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, грунт, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы.

К газообразным радиоактивным отходам относятся не подлежащие использованию газообразные смеси, содержащие радиоактивные газы и (или) аэрозоли, образующиеся при производственных процессах [1].

Таблица 1 – Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов

Категория отходов	Удельная активность, кБк/кг			
	Тритий	Бета-излучающие радионуклиды (исключая тритий)	Альфа-излучающие нуклиды(исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды
Твердые отходы				
Очень низкоактивные	До 10^7	До 10^3	До 10^2	До 10^1
Низкоактивные	От 10^7 до 10^8	От 10^3 до 10^4	От 10^2 до 10^3	От 10^1 до 10^2
Среднеактивные	От 10^8 до 10^{11}	От 10^4 до 10^7	От 10^3 до 10^6	От 10^2 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^{11}	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5

Жидкие отходы				
Низкоактивные	До 10^4	До 10^3	До 10^2	До 10^1
Среднеактивные	От 10^4 до 10^8	От 10^3 до 10^7	От 10^2 до 10^6	От 10^1 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^8	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5

1.4 Способы хранения РАО

Радиоактивные отходы, которые образуются в процессе нормальной эксплуатации производства, необходимо утилизировать. Эта процедура выполняется в соответствии с требованиями нормативной документации и законодательных актов. Выбор метода изоляции зависит от агрегатного состояния отходов и от их активности. В настоящее время существует несколько типов пунктов захоронения РАО:

- поверхностные;
- приповерхностные (в том числе: слабоуглубленные, среднеуглубленные, курганные (на поверхности почвы));
- глубинные, в геологических структурах.

Выбор пункта захоронения зависит от множества факторов, таких как активность радионуклидов, содержащихся в отходах, объемы отходов, их агрегатное состояние, а также экономических условий.

Основным требованием к захоронению отходов является их обязательное изолирование от человека и окружающей среды на время, пока они не перестанут представлять угрозы.

Долгосрочная безопасность хранилища радиоактивных отходов обеспечивается сочетанием:

- благоприятных характеристик выбранной площадки под захоронение;
- инженерно-технических характеристик проекта;
- соответствующего вида и состава отходов;

- эксплуатационных процедур и мер ведомственного контроля.

Система захоронения отходов должна обеспечивать:

- изоляцию отходов от окружающей среды;
- контроль возможных выбросов радионуклидов, попадающих в окружающую среду;
- постоянное наблюдение за площадкой в течение установленного периода после закрытия пункта захоронения.

При этом стандартами МАГАТЭ предусматривается возможность обеспечения безопасности для хранилищ на глубине нескольких десятков метров без принятия активных мер ведомственного контроля [6].

2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Объектом исследования является предприятие, которое имеет разрешение изолировать радиоактивные отходы в глубинные хранилища.

Пункт ПЗРО г. Северска Томской области имеет потенциальную площадку.

Рассматриваемая площадка расположена в пределах Томской области, на правобережье реки Томь в междуречье и ее притоков – Большая Киргизка и Самуська. В административном плане предполагаемые площадки относятся к Закрытому административно-территориальному образованию (ЗАТО) г. Северск. Альтернативные площадки расположены на территории и в непосредственной близости от производственной площадки АО «СХК».

Площадка располагается в пределах положительных элементов рельефа, характеризуется низким уровнем грунтовых вод, не подвергается затоплению, не находится в прибрежной зоне, в поймах рек и в болотистой местности. Признаки протекания эрозии, оседания, оползней, карста, признаков размыва или затопления не выявлено, что соответствует требованиям п.52 НП-055-14 и п.26 НП-069-14.

На площадке условия относительно благоприятные для строительства ПЗРО в силу наличия в верхней части разреза глинистых водонепроницаемых грунтов большой мощности. Расположение площадки характеризуется наличием подъездной автодороги и существующих инженерных коммуникаций в непосредственной близости от площадки, возможностью подключения к существующим и проектируемым инженерным системам комбината, что позволит обеспечить безопасное транспортирование РАО и сократить затраты на строительство объекта.

Учитывая расположение площадки 1 на территории промплощадки АО «СХК», при размещении на ней ПЗРО не требуется получения разрешения на землеотвод из лесных угодий, дополнительное ограждение площадки с организацией физической защиты объекта, строительство

энергокоммуникаций и подъездной автодороги с твердым покрытием. Локализация площадки вблизи пунктов хранения жидких радиоактивных отходов (площадки 18 и 18а), которые находятся в ведении ФГУП «НО РАО», позволит обеспечить эксплуатацию площадок 18 и 18а и площадки ПЗРО единой эксплуатирующей организацией – ФГУП «НО РАО» (рис.1).

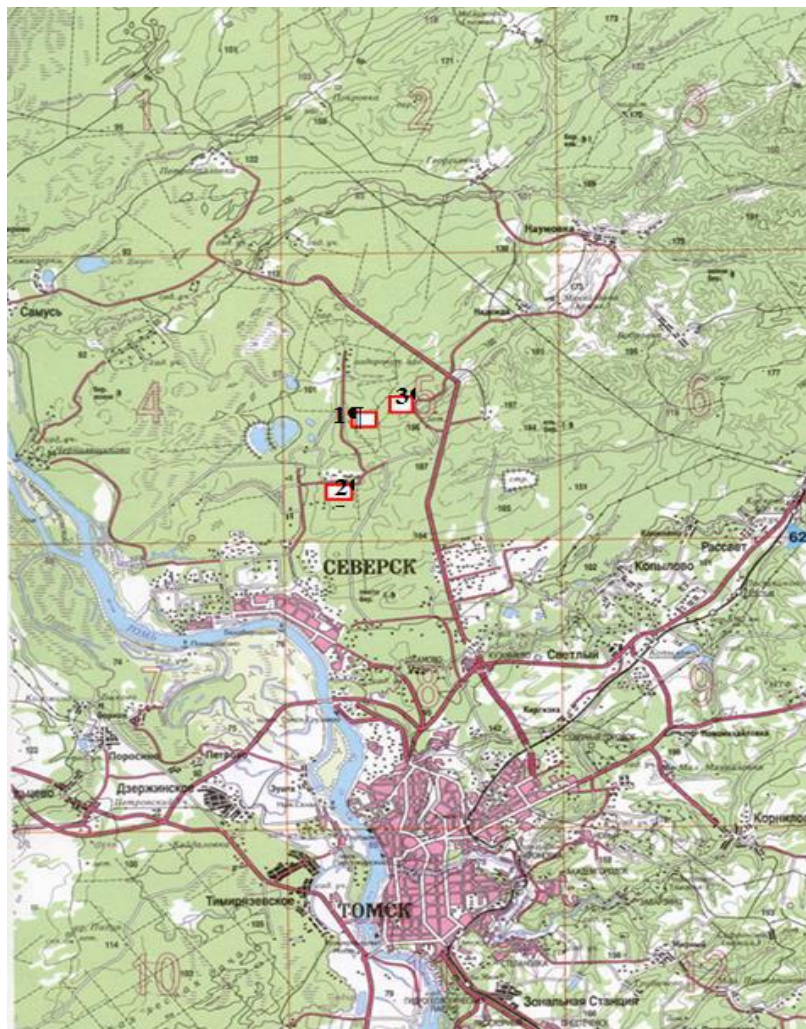


Рисунок 1 – Ситуационный план района масштаба 1:200 000

 - потенциальные площадки размещения ПЗРО

Изучение климатических, сейсмических, геоморфологических, гидрогеологических, социально-демографических и иных характеристик, а также характеристик растительного и животного мира территории площадки 1, позволяют сделать вывод о пригодности данной площадки для строительства ПЗРО.

2.1 Основные характеристики ПЗРО

В качестве варианта конструкции ПЗРО на предпроектной стадии рассматривается заглубленный тип ПЗРО.

При заглубленном типе ПЗРО для достижения унифицированного решения по размещению РАО классов 3 и 4 днище ячейки захоронения располагается на отметке $-3,800$ м (ниже уровня земли).

Поперечный разрез ячейки захоронения приведен на рисунке 2.

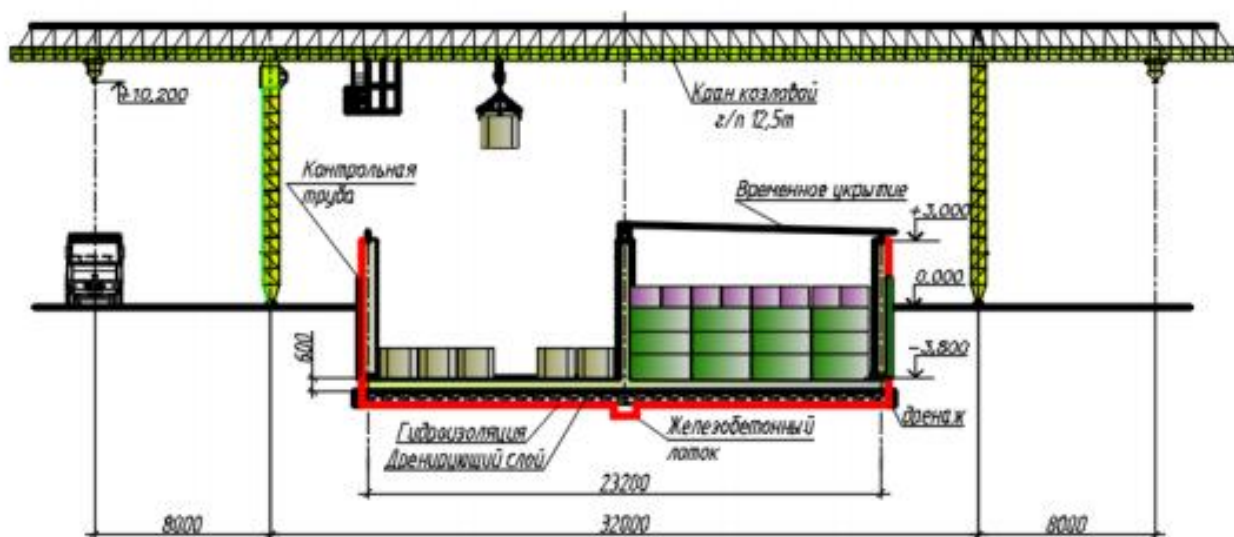


Рисунок 2 – Разрез ячейки заглубленного захоронения

Захоронение упаковок с РАО осуществляется в отсеках в четыре яруса по высоте.

Загрузка РАО в отсек осуществляется сверху, с помощью крана козлового двух-балочного грузоподъемностью 12,5 т, последовательно по ярусам. Упаковки РАО 3 класса укладываются на нижние два яруса, упаковки РАО 4 класса – на верхние ярусы. После укладки в отсеке очередного яруса упаковок производится засыпка свободного пространства отсека между упаковками.

В эксплуатационный период загрузки сооружения предусматриваются:

- временные переносные укрытия для исключения попадания в зону захоронения атмосферных осадков;
- системы по удалению протечек атмосферных осадков.

После укладки верхнего яруса производится заполнение оставшегося свободного пространства отсека буферным материалом в уровень с верхом сооружения, а затем осуществляется укладка над ним плит перекрытия, цементная стяжка по плитам с устройством покрывающего экрана.

Объем заполнения буферным материалом свободных полостей одного заглубленного сооружения составляет $\sim 1\,000\text{ м}^3$.

Безопасность ПЗРО обеспечивается за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду.

В соответствии с требованиями НП-055-14 инженерные барьеры ПЗРО будут выполнять свои функции после его закрытия в заданном проектом ПЗРО объеме в течение установленного и обоснованного в проекте ПЗРО срока без технического обслуживания и ремонта. Безопасность системы захоронения РАО (долговременная безопасность) будет обеспечиваться на основе реализации принципа многобарьерности.

В соответствии с требованиями НП-069-14 в качестве инженерных барьеров безопасности на ПЗРО применяются:

- упаковка РАО, кондиционированные формы РАО и герметичные контейнеры;
- строительные конструкции ПЗРО из монолитного железобетона;
- буферный материал для заполнения свободного пространства (пустот) в целях обеспечения стабильности ячейки захоронения РАО, снижения скорости миграции радионуклидов из РАО и ограничения доступа воды (конденсата, атмосферных осадков и подземных вод) к упаковкам РАО;

- подстилающий экран – инженерное устройство, располагающееся ниже ячеек захоронения РАО и предназначенное для гидроизоляции ячеек захоронения РАО, предотвращения распространения радионуклидов в горные породы;

- покрывающий экран – инженерное устройство, располагающееся выше ячеек захоронения РАО и предназначенное для гидроизоляции ячеек захоронения РАО, предотвращения распространения радионуклидов из ячеек захоронения в окружающую среду, защиты ячеек захоронения РАО от проникновения животных, корней растений, а также от непреднамеренного вторжения человека.

Подстилающий экран выполняет следующие функции:

- воспринимает нагрузки, передаваемые строительными конструкциями и оборудованием ПЗРО, а также размещенными в нем РАО (основание);

- препятствует проникновению грунтовых вод в пункт захоронения через его основание и выходу выщелачиваемых из РАО радионуклидов за пределы конструкций ПЗРО (гидроизолирующий слой);

- препятствует распространению радионуклидов в нижележащие слои горных пород за счет сорбции (сорбирующий слой).

Покрывающий экран выполняет следующие функции:

- предотвращает поступление атмосферных осадков и поверхностных вод в ячейки захоронения РАО (противофильтрационный гидроизолирующий слой);

- предотвращает или ограничивает поступление воды к противофильтрационному (гидроизолирующему) слою (дренирующий слой);

- препятствует проникновению корней растений, животных и непреднамеренному доступу человека к РАО, предотвращая тем самым разрушение противофильтрационного (гидроизолирующего) слоя;

- ограничивает выход ионизирующего излучения и радиоактивных веществ за пределы конструкций ПЗРО;
- защищает ПЗРО от ветровой и водной эрозии. Покрывающий экран представляет собой многослойный барьер и состоит из следующих слоев (сверху-вниз):
 - почвенно-растительный слой 0,2 м – для рекультивации поверхности с противоэрозионными и декоративно-ландшафтными функциями;
 - щебенка, галька 0,4 м – верхний дренажный слой, отводящий атмосферные осадки в специальные дренажные системы, защита от норных животных;
 - изолирующий экран Bentomat 1 слой – гидронепроницаемый слой, защита от корневой системы растений;
 - слой грунта 1,6 м – верхний гидро-теплоизоляционный слой, подстилающий верхний дренаж;
 - слой песка среднезернистого 0,2 м – нижний дренажный слой для отвода атмосферных осадков с поверхности при отказе верхнего слоя; - изолирующий экран Bentomat 1 слой – гидроизоляция, защита нижних слоев от пересыхания;
 - слой грунта 0,2 м – нижний гидро-теплоизоляционный слой для укладки материала Bentomat.

Параметры, в том числе толщины, слоев подстилающего и покрывающего экранов будут уточнены и обоснованы на стадии проектирования. Конструкция инженерных барьеров ПЗРО показана на рисунке 3.

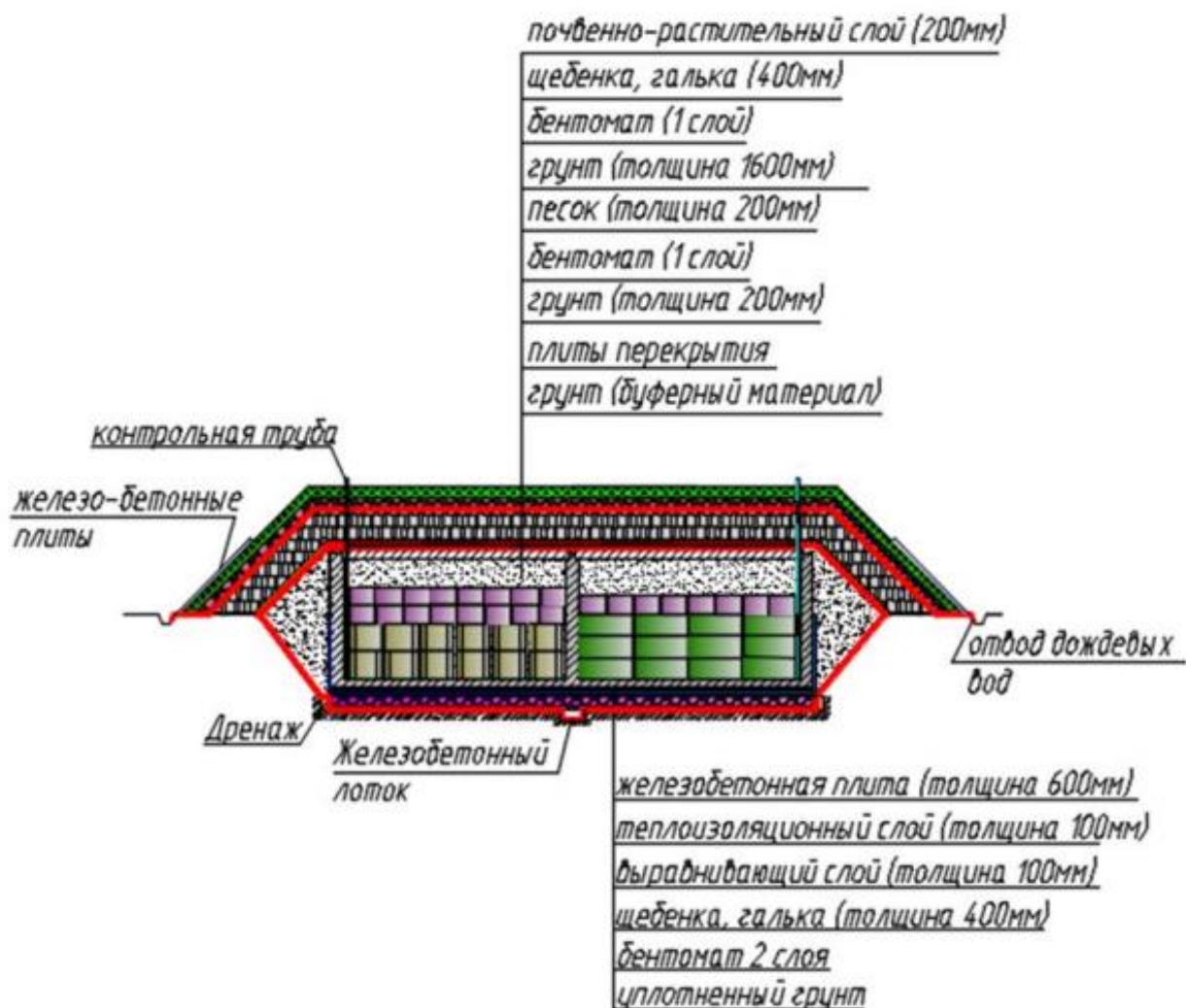


Рисунок 3 – Конструкция инженерных барьеров заглубленного ПЗРО

2.2 Технологический процесс захоронения РАО на ПЗРО

РАО класса 3 поступают на ПЗРО в специальных сертифицированных закрытых контейнерах НЗК-150, РАО класса 4 поступают на захоронение в специальных сертифицированных контейнерах.

Кроме этого допускается поступление на захоронение РАО в специальных герметичных металлических бочках вместимостью 200 л, сертифицированных как промышленная упаковка (ПУ)-2 по НП-053-04.

Прием РАО производится на основании технологического порядка работы ПЗРО, который устанавливает последовательность действий и

процедуры в отношении приема и захоронения РАО в ПЗРО и разрабатывается ФГУП «НО РАО» при вводе ПЗРО в эксплуатацию.

Упаковки РАО доставляются на ПЗРО специальным автомобильным транспортом.

Въезд спецавтомобиля на территорию ПЗРО осуществляется через транспортный контрольно-пропускной пункт (ТКПП), где производится первичный контроль спецавтомобиля. После прохождения контроля спецавтомобиль доставляет упаковки под навес технологического корпуса. Навес оборудуется мостовым электрическим подвесным краном грузоподъемностью 10 т.

Упаковка РАО краном с помощью автоматического захвата перегружается со спецавтомобиля на транспортную тележку и перемещается в помещение входного контроля.

Помещение входного контроля РАО оборудуется спектрометрической установкой, которая обеспечивает измерение удельной активности радионуклидов в упаковке с РАО.

Предусматривается также возможность проведения контроля поверхностного загрязнения путем отбора мазков с последующим анализом в лаборатории (предусмотрена в технологическом корпусе).

Сведения об упаковках РАО заносятся в базу данных ФГУП «НО РАО». Учет РАО, поступивших на захоронение, производится в соответствии с требованиями законодательства.

В случае несоответствия упаковки РАО паспортным данным или критериям приемлемости для захоронения в ПЗРО упаковка РАО подлежит возврату поставщику. Упаковки РАО после входного контроля транспортируются на площадки (сооружения) временного хранения упаковок РАО 3 и 4 классов (сооружения 2 и 3, соответственно). Проведение погрузочно-разгрузочных работ на площадке временного хранения РАО 3 класса осуществляется мостовым электрическим краном грузоподъемностью 10 т. Заполнение площадки выполняется последовательно, по ярусам.

Установка упаковок на площадку предусматривается в три яруса. Разрез площадки временного хранения РАО 3 класса приведен на рисунке 4.

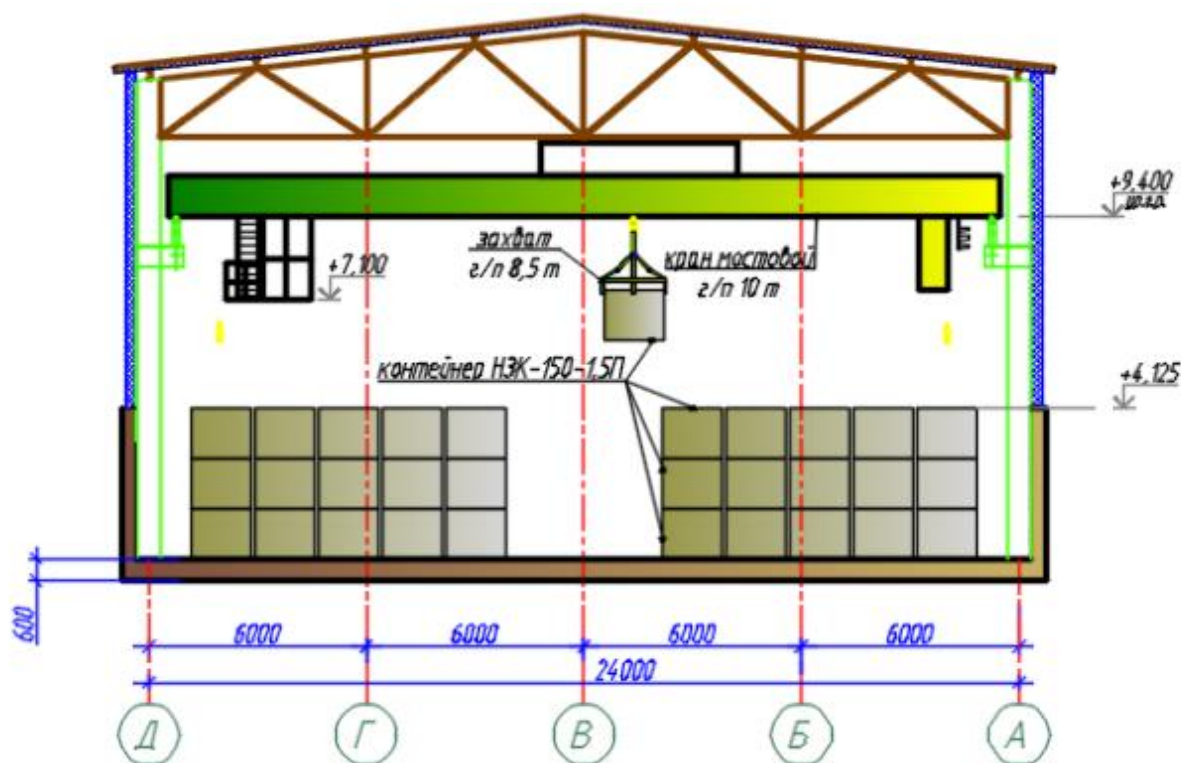


Рисунок 4 – Разрез площадки временного хранения РАО 3 класса

Загрузка упаковок на площадку временного хранения РАО класса 4 осуществляется с помощью вилочного телескопического погрузчика последовательно в четыре яруса. Разрез площадки временного хранения РАО 4 класса приведен на рисунке 5.

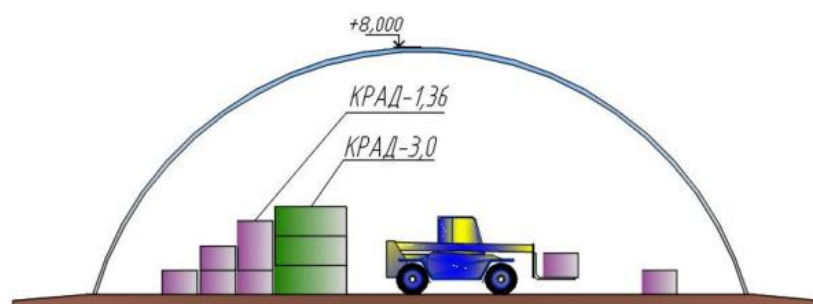


Рисунок 5 – Разрез площадки временного хранения РАО 4 класса

Общая вместимость площадок временного хранения РАО 3 и 4 класса рассчитана на хранение 10 000 м³ РАО.

С площадок временного хранения упаковки спецавтомобилем или автопогрузчиком доставляются к ячейкам на захоронение.

Козловым краном упаковка снимается с спецавтомобиля/автопогрузчика и загружается в отсеки ячейки захоронения [7].

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Идентификация опасностей

Идентификация опасностей в процессе производственной деятельности – это процесс обнаружения, выявления и распознавания опасных и вредных производственных факторов и установления их количественных, временных, пространственных и других характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических мероприятий (предупреждающих и корректирующих действий), обеспечивающих безопасность труда.

К исходным событиям таких аварий относятся: ошибки персонала, отказы оборудования, сейсмическое воздействие, падение летательного аппарата, пожар с температурой на поверхности ≥ 800 °С в течение часа, приводящие к разрушению строительных конструкций ячеек ПЗРО и технологического корпуса.

На рассматриваемом предприятии возможные события, такие как наводнения, молния, потеря внешнего электроснабжения, сильные ветры, низкие температуры, ударные волны (до 10 кПа) и т.д. согласно НП-047-03, относятся к категории происшествий, последствия которых не существенны и не могут привести к каким-либо воздействиям на окружающую среду (экологическим воздействиям) или не подлежат классификации, как не связанные с безопасностью.

Маловероятные аварийные ситуации, связанные с природными процессами и явлениями, а также случайные события и стихийные бедствия, не повлекут существенных воздействий ПЗРО на окружающую среду.

В соответствии с «Положением о порядке обеспечения особого режима в ЗАТО, на территории которого расположены объекты атомной энергии», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 11.05.1996 № 693 и Законом Российской Федерации от

14.07.1992 № 3297-1 «О закрытом административно-территориальном образовании», полёты летательных аппаратов над территорией ЗАТО ограничены.

Следовательно, падение летательного аппарата в районе размещения ПЗРО относится к маловероятным событиям.

К взрывоопасным объектам вблизи от ПЗРО могут быть отнесены ТЭЦ и ТНХК. Данные объекты находятся на значительном от ПЗРО расстоянии (более 5 км), и действие возможных взрывов на этих объектах не представляет опасности для ПЗРО.

Возникновение пожара вследствие короткого замыкания, при хранении контейнеров с РАО является маловероятным событием, поскольку ячейки изготовлены из материалов, имеющих высокий предел огнестойкости.

Анализ возможных проектных аварий на ПЗРО показывает, что наиболее значимыми по экологическим последствиям в период эксплуатации ПЗРО являются аварии с падением упаковок с РАО 3 класса (или падением технологического оборудования на упаковки с РАО 3 класса), вызывающие разгерметизацию упаковок и нарушение целостности матричного материала.

К исходным событиям таких аварий относятся: ошибки персонала, отказы оборудования, сейсмическое воздействие, падение летательного аппарата, приводящие к разрушению строительных конструкций ячеек ПЗРО и технологического корпуса [7].

3.2 Оценка риска реализации ЧС на ПЗРО

Согласно описанным выше методам оценки риска возникновения ЧС, можно выделить экспертный метод, который позволяет провести анализ без использования статистических данных. Основой для анализа являются данные, полученные при опросе высококвалифицированных экспертов.

Определение вероятности наступления исходных событий было проведено методом экспертных оценок, согласно ГОСТ 23554.2-81

«Экспертные оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок качества продукции» [8].

На основании, проведенной процедуры идентификации опасностей для рассматриваемого объекта, было предложено дерево отказов. Предлагаемое дерево представлено в Приложении 1.

Анализ дерева неисправностей показывает, что основными причинами возникновения аварии с выходом радионуклидов является:

- ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению оборудования на контейнер с радиоактивными отходами. Сотрудник не имеет (имеет незначительный) навыка обращения с оборудованием;
- ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием, приводящее к падению оборудования на контейнер с радиоактивными отходами;
- погрузочное оборудование используется с нарушениями, так как не проводится проверка перед началом эксплуатации, и происходит его падение на контейнер;
- возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при хранении РАО);
- разгерметизация контейнера при хранении вследствие его заводского брака;
- ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению контейнера при его транспортировке. Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием;
- ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием. Происходит падение контейнера при его транспортировке;
- отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного внешними антропогенными или природными воздействиями;

- отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного неисправным оборудованием подачи энергоснабжения;
- падение контейнера с высоты из-за дефекта погрузочного оборудования. Проверка перед началом работы не проводилась.
- возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при транспортировке РАО);
- разгерметизация контейнера при транспортировке вследствие его заводского брака;
- нарушение целостности защитного сооружения из-за землетрясения;
- нарушение целостности защитного сооружения из-за террористического акта;
- нарушение целостности защитного сооружения из-за падения самолета;

Метод экспертных оценок состоит в проведении экспертами анализа проблемы с количественной оценкой суждения и обработкой их результатов. Среди группы экспертов было проведено анкетирование, в котором предлагалось оценить вероятность возникновения событий из составленного ранее дерева. Оценка вероятностей проводилась в бальной системе. Опросный лист представлен в приложении 2.

Полученные результаты экспертного оценивания приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспертного оценивания

№ эксперта	Происшествие														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3	2	2	2	3	3	2	2	1	2	2	3	1	1	1
2	3	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	1	1	1
3	3	3	2	3	2	3	3	1	1	2	1	2	1	1	1
4	3	2	3	1	3	3	2	2	1	2	1	3	1	1	1
5	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	3	2	1	1	1
Сумма рангов	14	10	11	10	12	14	10	8	6	10	9	12	5	5	5

№ эксперта	Происшествие														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сред. арифмет. рангов	2,8	2	2,2	2	2,4	2,8	2	1,6	1,2	2	1,8	2,4	1	1	1
Итоговый ранг	1	4	3	4	2	1	4	6	7	4	5	2	8	8	8

Перечень оцениваемых происшествий представлен выше.

Сопоставление бальной оценки и вероятности реализации рассматриваемых событий представлено в табл. 3.

Таблица 3 – Ранжирование значений вероятности

Количественная оценка вероятности, балл	Качественная оценка вероятности	Вероятность реализации события
1	Почти невозможно	$<10^{-6}$
2	Очень редко	$10^{-6}-10^{-5}$
3	Редко	$10^{-5}-10^{-4}$
5	Возможно	$10^{-3}-10^{-2}$
7	Почти наверняка	$10^{-1}-1$

При проведении анализа на согласованность получаем, что коэффициент конкордации больше 0,4, а значит, мнение экспертов согласованно. При анализе теста Фридмана было выявлено, что нулевая гипотеза не отклонена, объекты имеют между собой значимые различия.

На основании бальной оценки экспертов, были оценены значения вероятностей возникновения исходного события. Данная величина равна среднему значению вероятности (полученной из перевода бальной системы) возникновения события.

Полученные значения вероятностей приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения вероятностей возникновения исходного события

Происшествие	Значение вероятности
Ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению оборудования на контейнер с радиоактивными отходами. Сотрудник не имеет (имеет незначительный) навыка обращения с оборудованием.	0,000082
Ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием, приводящее к падению оборудования на контейнер с радиоактивными отходами.	0,000026
Погрузочное оборудование используется с нарушениями, так как не проводится проверка перед началом эксплуатации, и	0,000028

Происшествие	Значение вероятности
происходит его падение на контейнер.	
Возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при хранении РАО).	0,000026
Разгерметизация контейнера при хранении вследствие его заводского брака.	0,000046
Ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению контейнера при его транспортировке. Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием.	0,000082
Ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием. Происходит падение контейнера при его транспортировке.	0,000026
Отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного внешними антропогенными или природными воздействиями.	0,0000064
Отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного неисправным оборудованием подачи энергоснабжения.	0,0000028
Падение контейнера с высоты из-за дефекта погрузочного оборудования. Проверка перед началом работы не проводилась.	0,00001
Возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при транспортировке РАО).	0,000024
Разгерметизация контейнера при транспортировке вследствие его заводского брака.	0,000046
Нарушение целостности защитного сооружения из-за землетрясения.	0,000001
Нарушение целостности защитного сооружения из-за террористического акта.	0,000001
Нарушение целостности защитного сооружения из-за падения самолета.	0,000001

Расчет вероятности «головного» события, а именно выход в окружающую среду радионуклидов производится с учетом логических символов дерева неисправностей «И», «ИЛИ». Расчет произведен по формулам 1–10.

$$R_{Д1} = 1 - (1 - R_{ж1}) \times (1 - R_{ж2}) = 0,00011, \quad (1)$$

$$R_{Г1} = 1 - (1 - R_{Д1}) \times (1 - R_{Ж3}) = 0,00014, \quad (2)$$

$$R_{В1} = 1 - (1 - R_{Г1}) \times (1 - R_{Ж4}) \times (1 - R_{Ж5}) = 0,00021, \quad (3)$$

$$R_{Д3} = 1 - (1 - R_{Ж6}) \times (1 - R_{Ж7}) = 0,00011, \quad (4)$$

$$R_{Д4} = R_{Е1} = 1 - (1 - R_{Ж8}) \times (1 - R_{Ж9}) = 0,000092, \quad (5)$$

$$R_{Г4} = 1 - (1 - R_{Д3}) \times (1 - R_{Д4}) \times (1 - R_{Ж10}) = 0,00021, \quad (6)$$

$$R_{В2} = 1 - (1 - R_{Г4}) \times (1 - R_{Ж11}) \times (1 - R_{Ж12}) = 0,00028, \quad (7)$$

$$R_{Б1} = 1 - (1 - R_{В1}) \times (1 - R_{В2}) = 0,00049, \quad (8)$$

$$R_{Б2} = 1 - (1 - R_{Ж13}) \times (1 - R_{Ж14}) \times (1 - R_{Ж15}) = 0,000003, \quad (9)$$

$$R_{А1(\text{общ})} = R_{Б1} \times R_{Б2} = 0,00049 \times 0,000003 = 1,47 \times 10^{-9}, \quad (10)$$

Рассчитанные значения вероятностей приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения вероятностей возникновения событий

Код в соответствии с деревом.	Событие	Значение вероятности возникновения события
Д1	Ошибочное действие сотрудника при хранении контейнеров с РАО	0,00011
Г1	Падение оборудования на контейнер при его хранении	0,00014
В1	Разгерметизация контейнера при хранении	0,00021
Д3	Ошибочное действие сотрудника при транспортировке контейнера с РАО	0,00011
Д4	Отказ оборудования, вследствие неправильной работы с ним	0,000092
Г4	Падение контейнера с высоты при его транспортировке	0,00021
В2	Разгерметизация контейнера при	0,00028

	транспортировке	
Б1	Разгерметизация контейнера	0,00049
Б2	Нарушение целостности защитного сооружения	0,000003
А1(общая)	Выход в окружающую среду радионуклидов	$1,47 \times 10^{-9}$

3.3 Оценка последствий возникновения ЧС

При рассмотрении головного события как выход радионуклидов в окружающую среду, может быть оказан как экологический, так и материальный ущерб.

Экологический ущерб обусловлен как загрязнением окружающей среды, так и вредным воздействием на растения и животных. Материальный – утилизация оборудования и технических устройств, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Уровни ущерба были взяты из ГОСТ Р 51901.23-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска» [4]:

Качественная оценка вероятности	Последствия				
	Незначительные	Небольшие	Умеренные	Значительные	Катастрофические
Почти наверняка	Риск средний	Риск средний	Риск высокий	Риск экстремально высокий	Риск экстремально высокий
Очень вероятно	Риск низкий	Риск средний	Риск высокий	Риск высокий	Риск экстремально высокий
Возможно	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск высокий	Риск высокий
Маловероятно	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск средний	Риск высокий
Редко	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний	Риск средний
Очень редко	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск средний
Почти невозможно	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий	Риск низкий

Рисунок 6 – Матрица оценки уровня риска

Ущерб от радиоактивного загрязнения носит катастрофический характер, так как период полураспада некоторых радионуклидов более миллиона лет.

Так как значение вероятности возникновения ЧС меньше 10^{-6} , то согласно бальной системе, возникновение ЧС почти невозможно. Исходя из матрицы оценки уровня риска, получим, что риск возникновения аварии низкий.

Для предотвращения возможной ЧС были предложены следующие мероприятия:

1. Действие персонала – внедрение системы периодических инструктажей, проведение обучающих семинаров, периодическая переподготовка и т.д.

2. Короткое замыкание – усиленная изоляция токоведущих частей и т.д.

3. Работа с оборудованием – использование различных тренажеров для отработки действий, чтобы предотвратить ошибки персонала при работе с оборудованием.

4. Отказ систем электроснабжения – качественная проверка оборудования, как основного, так и дополнительного электрооборудования.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данная работа связана с исследованием оценкой риска возникновения чрезвычайной ситуации на пункте захоронения радиоактивных отходов.

Дипломная работа выполнялась в аудитории 408, 18 учебного корпуса.

Работа выполнялась с использованием современной вычислительной техники, что позволило достичь высокой эффективности процесса и уменьшения временных затрат на его проведение.

4.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 – ФЗ работник аудитории 408, 18 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а

объем – не менее 20 м^3 на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 – 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Рабочее место сотрудника аудитории 408, 18 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

4.2 Производственная безопасность

Данная научная работа предусматривает использование персональной электронно-вычислительной машины, а также возможное присутствие на пункте захоронения радиоактивных отходов и с точки зрения социальной ответственности, целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при оценке риска возникновения аварии, а также требования по организации рабочего места.

4.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [9]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 6:

Таблица 6 – Опасные и вредные факторы при исследовании загрязненности водных объектов техногенными радионуклидами

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов, работа с ПЭВМ.	1. Повышенный уровень электромагнитных полей [9,10] 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны [9,10,11] 3. Неудовлетворительные показатели микроклимата [9,10]	1. Поражение электрическим током [9,10] 2. Пожаровзрывозащита [9,10]	СанПиН 2.2.2.542-96 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.1191-03 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
2) Оценка радиационной опасности на объекте.	4. Повышенный уровень ионизирующего излучения [9,12]		СанПиН 2.2.4.548-96 НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/201

4.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Основным из источников потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ), возможность поражения электрическим током. Использование оборудования может привести к наличию такого вредного фактора, как повышенный уровень электромагнитных полей.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы, относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

"Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ПЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке[13].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, создаваемых ПЭВМ, не должны превышать значений [14], представленных в таблице 7:

Таблица 7 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25нТл
Напряженность электростатического поля		15кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 2 соответствуют нормам.[10]

Электробезопасность:

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ПЭВМ в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [15]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- 2) проведение инструктажей и допуск к работе;
- 3) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ПЭВМ в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение 408, 18 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [15].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ[13].

Разработанные мероприятия обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ.

Освещение:

В аудитории 408, 18 корпуса ТПУ имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк [16]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [16].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или галогенные лампы (используются в качестве местного освещения) [16].

Таблица 8 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [16]

Помещение		Кабинет
Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м		Г-0,0
Естественное освещение, КЕО $e_n, \%$	При верхнем или комбинированном освещении	3,0
	При боковом освещении	1,0
Совмещенное освещение, КЕО $e_n, \%$	При верхнем или комбинированном освещении	1,8
	При боковом освещении	0,6
Искусственное освещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк	300

	Показатель дискомфорт М, не более	–
	Коэффициент пульсации К _п , %, не более	≤5%(работа с ЭВМ) ≤20%(при работе с документацией)

Согласно [10], освещение в аудитории 408 18 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Микроклимат:

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 408, 18 корпуса ТПУ является помещением I б категории. К категории Ib относятся работы с интенсивностью энерготрат 121 – 150 ккал/ч (140 - 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) [17].

Таблица 9 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Іб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 10 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Согласно [10], микроклимат аудитории 408, 1 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Ионизирующее излучение:

Потенциально вредным фактором в процессе работы на пункте захоронения радиоактивных отходов, является фактор, связанный с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным потоками частиц. Кроме того, распад отдельных химических элементов сопровождается выбросом частиц, которые вредно воздействуют на организм человека, поэтому в обстоятельствах широкого употребления этих веществ, включая атомную энергию, радиационной безопасности нужно уделять особое внимание. В нормах радиационной безопасности и правилах работы с радиоактивными веществами установлены предельно допустимые дозы облучения и предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе рабочих помещений (НРБ-99/2009) [12].

Необходимо применять защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала.

Для этого существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности, данные представлены в таблице 11 [12].

Таблица 11 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал группы А	Население
Эквивалентная доза	20мЗв	1мЗв
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике	150мЗв	15мЗв
в коже	500мЗв	50мЗв
в кистях и стопах	500мЗв	50мЗв

Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы.

Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А. В таблице 12 указана максимальная продолжительность облучения в год [12].

Таблица 12 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц		Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч
Персонал	Гр. А	Постоянное пребывание	700	6,0

		Временное пребывание	850	12
	Гр. Б	Помещение организации и территория С.З.З., где находится пер.гр. Б	2000	1,2
Население		Любое другое помещение и территория	8800	0,06

Согласно данным таблицы, условия рабочей среды соответствуют допустимым нормам.

4.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в процессе разработки предлагаемых в ВКР решений.

4.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Пункт захоронения радиоактивных отходов может нанести огромный ущерб всей окружающей среде.

Для предотвращения попадания радионуклидов в гидросферу, атмосферу и литосферу, существует комплекс превентивных мероприятий, включающий в себя как глубокоэшелонированное строительство самого пункта, так и постоянный контроль необходимых параметров.

С другой стороны, необходимо также отметить, что после использованию большинства компьютерной техники, которая содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы, образуются токсичные отходы, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.
5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.
6. Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах [18].

4.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет собой работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта основными ЧС, которые могут нанести существенный ущерб окружающей среде и человеку являются:

1. Пожары;
2. Радиоактивное заражение местности.

Степень огнестойкости ячеек для захоронения РАО – II, класс пожарной опасности – СО. В зданиях и сооружениях ПЗРО применяются строительные конструкции, не способствующие скрытому распространению горения, с соответствующими пределами огнестойкости заполнения проёмов в противопожарных преградах. Общая устойчивость и геометрическая неизменяемость зданий при пожаре обеспечивается соответствующими пределами огнестойкости несущих конструкций и узлов их сопряжений. В соответствии с требованиями п. 8.1 СНиП 21-01-97 все проезды, подъезды и пешеходные пути к объектам обеспечиваются возможностью проезда пожарных машин к зданиям и доступ пожарных автолестниц в любое помещение объектов при тушении пожара и проведении спасательных работ. Молниезащита зданий выполнена с учётом требований СО 153- 34.21.122-2003 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [19].

Безопасность при эксплуатации ПЗРО обеспечивается за счет последовательной реализации принципа глубокоэшелонированной защиты. Применение проектной системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду, от стенки первичной упаковки до конструкций каркасов и кровли сооружений, является основным техническим способом обеспечения безопасности. Системы безопасности при эксплуатации ПЗРО включают в себя защиту физических барьеров, обеспечение их работоспособности в течение установленного срока эксплуатации и выполнение функций по защите персонала, населения и окружающей среды.

При выполнении всех защитных мероприятий, вероятность наступления данных видов ЧС крайне мала.

4.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 408, 18 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- 1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.
- 2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 408, 18 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 13 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица – 14 Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 18 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Предпроектный анализ

Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций на пункте захоронения радиоактивных отходов является неотъемлемой частью предпроектного анализа. Полученные результаты могут быть использованы для расчета надежности объекта.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 15 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₀	Б ₁	Б ₂	К ₀	К ₁	К ₂
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,025	5	4	4	0,125	0,1	0,1

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,003	4	3	3	0,012	0,009	0,009
3. Помехоустойчивость	0,018	4	3	3	0,072	0,054	0,054
4. Энергоэкономичность	0,029	5	4	4	0,145	0,116	0,116
5. Надежность	0,111	5	5	4	0,555	0,555	0,444
6. Уровень шума	0,012	4	3	4	0,048	0,036	0,048
7. Безопасность	0,281	5	5	4	1,405	1,405	1,124
8. Потребность в ресурсах памяти	0,015	4	3	4	0,06	0,045	0,06
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,012	5	4	5	0,06	0,048	0,06
10. Простота эксплуатации	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,016	5	5	5	0,08	0,08	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,031	4	4	4	0,124	0,124	0,124
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
3. Цена	0,006	5	3	3	0,03	0,018	0,018
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,045	5	4	3	0,225	0,18	0,135
5. Послепродажное обслуживание	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
6. Финансирование научной разработки	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,004	4	4	4	0,016	0,016	0,016
8. Наличие сертификации разработки	0,012	5	4	5	0,06	0,048	0,06
Итого	1	91	77	75	4,697	4,274	3,668

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 15, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

5.3 Планирование работ

Задачей планирования разработок является оптимальный расчет использования времени и ресурсов, обеспечивающий выполнение работ в срок при наименьших затратах средств.

На данном этапе работы определяются:

- Структура выполняемых работ в рамках исследования;
- Состав рабочей группы;
- Определение роли каждого участника в данном проекте;

- Обозначение функций, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Планирование работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель

Продолжение таблицы.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Построение модели, оценка риска	Студент
	6	Проведение расчетов и их анализ	Научный руководитель, студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Подведение итогов и оценка результатов	Научный руководитель, студент
	9	Оформление отчетов	Студент

5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (11)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел.- день;

t_{mini} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{maxi} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (12)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным инструментом для построения ленточного графика проведения научных работ является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} k_{\text{кал}}, \quad (13)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (14)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

где, $T_{\text{кал}}$ – календарные дни ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вых}}$ – выходные дни ($T_{\text{вых}} = 104$);

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни ($T_{\text{пр}} = 14$).

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (15)$$

В таблице 17 приведены длительность этапов работы и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 17 –Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ, дни			Длительность работ, чел/дн.	
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k

Составление и утверждение технического задания	НР	1	3	1,8	1,8	2,66
Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5	10	7	7	10,36
Выбор направления исследований	НР, студент	3	5	3,8	1,9	2,8
Календарное планирование работ по теме	НР, студент	2	5	3,2	1,6	2,37
Построение модели, оценка рисков	Студент	10	15	12	12	17,76
Проведение расчетов и их анализ	НР, студент	7	10	8,2	4,1	6
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент	5	7	5,8	5,8	8,59
Подведение итогов и оценка результатов	НР, студент	3	5	3,8	1,9	2,8
Оформление отчетов	Студент	4	7	5,2	5,2	7,7
Итого:				50,8	41,3	61,04

На основе табл. 17 строится календарный план-график (табл. 18). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 18 – Календарный план-график проведения работ НИОКР по теме

№ ра- бот	Вид работ	Испол нител и	Т к, к ал · д н.	Продолжительность выполнения работ														
				февр		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	НР	3															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студе нт	11															
3	Выбор направления исследований	НР, студе нт	3															
4	Календарное планирование работ по теме	НР, студе нт	3															
5	Построение модели, оценка рисков	Студе нт	18															
6	Проведение расчетов и их анализ	НР, студе нт	6															
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и данными	Студе нт	9															
8	Подведение итогов и оценка результатов	НР, студе нт	3															
9	Оформление отчетов	Студе нт	8															

где: ■ - НР;

5.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i N_{расхi}, \quad (16)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, указаны в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Канцелярские принадлежности (ручки)	шт.	2	35	70
Канцелярские принадлежности (бумага, пачка)	шт.	0,3	270	90
Итого:				160

5.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную часть включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 20. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
4	Компьютер	1	21000	24150
Итого:				24150

5.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников (табл. 21), непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (17)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор;

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. 3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители по категориям	Трудоем- кость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.- дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Составление и утверждение технического задания	НР	2,66	2680,2	7129
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	10,36	126	1305
3	Выбор направления исследований	НР	2,8	2680,2	7504
		Студент	2,8	126	352
4	Календарное планирование работ по теме	НР	2,37	2680,2	6352
		Студент	2,37	126	298
5	Построение модели, оценка рисков	Студент	17,76	126	2237
6	Проведение расчетов и их анализ	НР	6	2680,2	16081
		Студент	6	126	756
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент	8,59	126	1082
8	Подведение итогов и оценка результатов	НР	2,8	2680,2	7504
		Студент	2,8	126	352
9	Оформление отчетов	Студент	7,7	126	970
Итого:					51919

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (18)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} T_p, \quad (19)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m M}{F_d}, \quad (20)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 22).

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
– выходные дни	104	104
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени	48	48
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p, \quad (21)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб.дн.	$З_{осн}$, руб.
НР	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2680,2	16,63	44572
Студент	1854	-	-	1,3	2410,2	126	58,32	7347
Итого:								51919

5.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} З_{осн}, \quad (22)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12–0,15).

Дополнительная заработная плата составит: у научного руководителя 5348,6 рублей, у студента 881,6 рублей.

5.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ)

и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}), \quad (23)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 год установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 6 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году вводится пониженная ставка – 28%.

В таблице 24 приведен расчет отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	$З_{внеб}$, руб.
Руководитель	44572	5348,6	13528,5
Студент	7347	881,6	2230
Итого:			15758,5

5.6.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

По данной теме командировки не осуществлялись.

5.6.7 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

В данном проекте контрагентные расходы отсутствуют.

5.6.8. Накладные расходы

Накладные расходы (табл. 25) учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 25 – Расчет накладных расходов

$З_{\text{мат.з.}}$	$З_{\text{спец.об}}$	$З_{\text{осн.}}$	$З_{\text{доп.}}$	$З_{\text{внеб.}}$	$З_{\text{накл.}}$
1142,5	561200	51919	6230	15758,5	101800

5.6.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	160	Пункт 6.5.1.
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	24150	Пункт 6.5.2.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	51919	Пункт 6.5.3.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6230	Пункт 6.5.4.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15758,5	Пункт 6.5.5.
6. Затраты на научные и производственные командировки	0	Пункт 6.5.6.
7. Контрагентные расходы	0	Пункт 6.5.7.
8. Накладные расходы	101800	Пункт 6.5.8.
9. Бюджет затрат НТИ	200017,5	Сумма ст. 1–8

Вычисленный бюджет научно-исследовательской работы составил 200017,5 рублей.

5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат исполнения научного исследования (см. табл. 27). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (25)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (26)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 27 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности пользователя труда	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует потребителям требованиям)	0,15	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3
4. Энергосбережение	0,20	5
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 5 \times 0,1 + 3 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 5 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 4,25;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \quad (27)$$

$$I_{исп.1} = 4,25/1 = 4,25 \quad (28)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\Theta_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (29)$$

Таблица 28 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1
	Интегральный финансовый показатель разработки	1
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25
	Интегральный показатель эффективности	4,25
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

В ходе оценки бюджета затрат варианта исполнения научного исследования и определения интегрального финансового показателя, показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что рассчитанные финансовые показатели варианта исполнения и сравнительная эффективность разработки показали эффективность проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная цель анализа риска ЧС — установление степени аварийной опасности производственного объекта и (или) его составных частей для заблаговременного предупреждения угроз аварий жизни и здоровью человека, имуществу и окружающей среде; разработка, плановая реализация и своевременная корректировка обоснованных рекомендаций по снижению риска аварий и (или) мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии.

Рассматриваемый производственный объект находится на этапе размещения. Целью оценки является выявление опасностей с учётом возможного воздействия поражающих факторов на персонал, окружающую среду и имущество. Полученная величина риска является допустимой, возможность выхода радионуклидов в окружающую среду сводится к нулю. Исходя из полученных экспертным методом вероятностей событий, приводящих к реализации головного события, были предложены мероприятия для снижения величины риска, такие как: проведение внеплановых инструктажей для повторения требований безопасности и перечислением необходимых должностных обязанностей, качественное обслуживание и ремонт эксплуатирующего технического оборудования, использование различных тренажеров для отработки действий, чтобы предотвратить ошибки персонала при работе с оборудованием.

Исходя из полученных в ходе работы результатов, можно сделать вывод, что наиболее важным аспектом обеспечения безаварийной работы является правильный подбор кадров, а также постоянное повышение их знаний и умений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2. ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»: [Электронный ресурс]. М., 2015-2019. URL: <http://www.norao.ru/>. (Дата обращения: 07.05.2019).
3. РД 03-418-01. (2001). Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. — Госгортехнадзор России.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Введ. 2011-12-01. – М: Стандартинформ, 2012. – 74 с.
5. Евдокимов В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004–2013 гг. : монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. – СПб.: Политехника сервис, 2015. – 95 с.
6. Технологии ЯТЦ и экология : учебное пособие / Ф. П. Кошелев, М. Е. Силаев, О. В. Селиваникова; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 208 с.
7. Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности по размещению и сооружению пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 классов в районе АО «СХК» (Томская область, ЗАТО Северск), Москва 2015
8. ГОСТ 23554.2-81 «Экспертные оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок качества продукции» – Издание официальное. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1982. – 15 с.
9. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015
10. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.

11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003
12. СанПиН 2.6.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» от 7 июля 2009 года, N 47: Зарегистрировано в Минюсте РФ 14 августа 2009 года, N 14354, 2009.
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003
14. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003
15. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002
16. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011
17. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996
18. ГОСТ 30494-2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011
19. СО 153- 34.21.122-2003 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

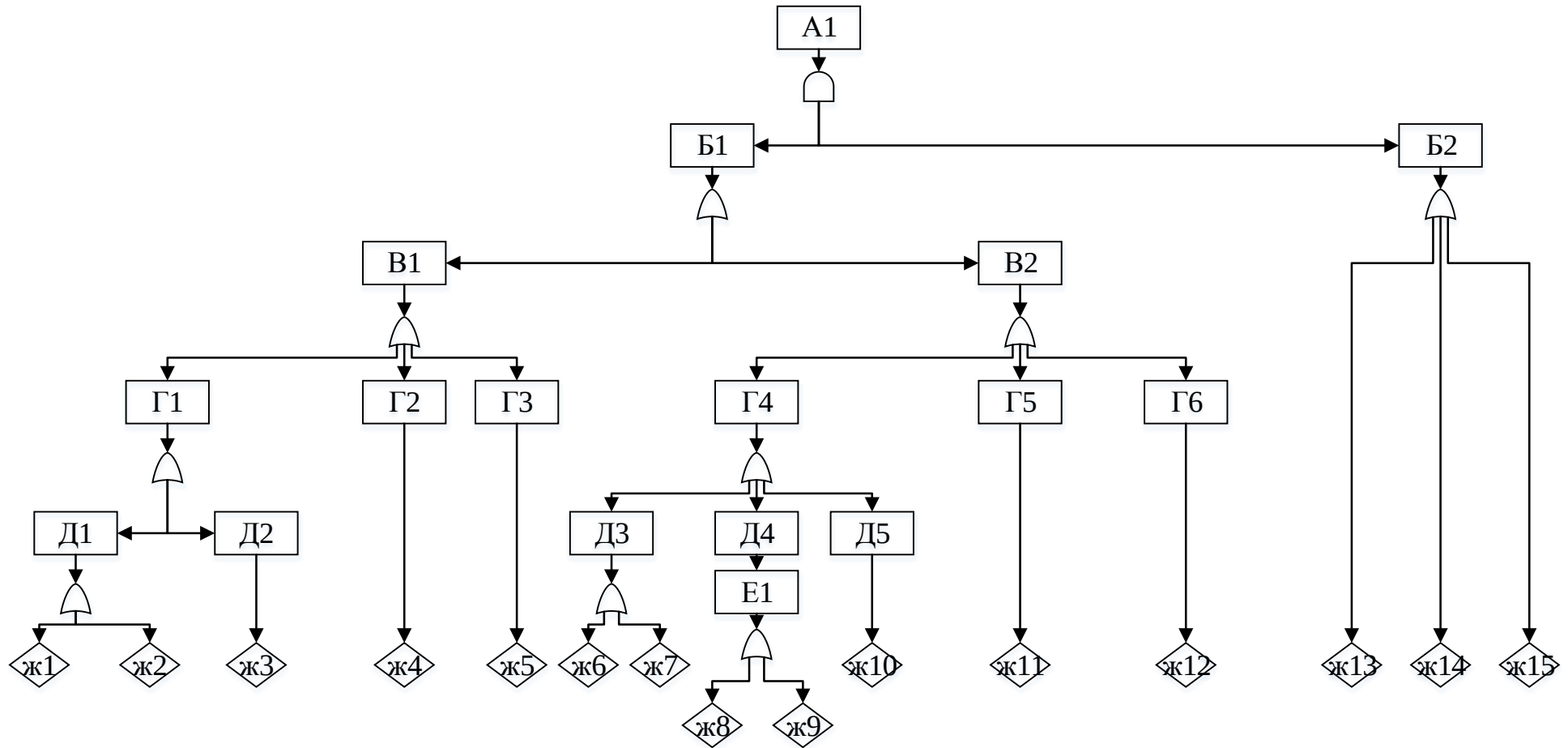


Рисунок 7 – Дерево отказов

Продолжение приложения 1

Таблица 29 – Значения происшествий дерева отказов

A1	Выход в окружающую среду радионуклидов	ж2	Проблемы, связанные с психоэмоциональным состоянием сотрудника
B1	Разгерметизация контейнера	ж3	Не проводится проверка оборудования перед началом работы
B2	Нарушение целостности защитного сооружения	ж4	Возникновение короткого замыкания
B1	При хранении	ж5	Заводской брак
B2	При транспортировании	ж6	Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием
Г1	Падение оборудования на контейнер	ж7	Проблемы связанные с психоэмоциональным состоянием сотрудника
Г2	Возникновение пожара	ж8	Внешнее антропогенное или природное воздействие
Г3	Дефекты контейнера	ж9	Неисправное оборудование подачи энергоснабжения
Г4	Падение контейнера с высоты	ж10	Не проводится проверка оборудования перед началом работы
Г5	Возникновение пожара	ж11	Перебой электропитания
Г6	Дефекты контейнера	ж12	Заводской брак
Д1	Ошибочное действие сотрудника	ж13	Возникновение землетрясения
Д2	Использование оборудования с нарушениями	ж14	Проведение террористического акта
Д3	Ошибочное действие сотрудника	ж15	Падение самолета
Д4	Отказ оборудования		
Д5	Использование оборудования с нарушениями		
Е1	Перебой электропитания		
ж1	Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Опросный лист №1

Цель исследования: определения вероятности выхода радионуклидов в окружающую среду на пункте захоронения радиоактивных отходов.

№ эксперта	Происшествие										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
	12	13	14	15							

1. Ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению оборудования на контейнер с радиоактивными отходами. Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием.

2. Ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием. Происходит падение оборудования на хранящийся контейнер.

3. Погрузочное оборудование используется с нарушениями, так как не проводится проверка перед началом эксплуатации, и происходит его падение на контейнер.

4. Возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при хранении РАО).

5. Разгерметизация контейнера при хранении вследствие его заводского брака.

6. Ошибочное действие сотрудника, приводящее к падению контейнера. Сотрудник не имеет навыка обращения с оборудованием.

7. Ошибочное действие сотрудника, вызванное его психо-эмоциональным состоянием. Происходит падение контейнера при его транспортировке.

8. Отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного внешними антропогенными или природными воздействиями.

9. Отказ оборудования вследствие перебоя электропитания, вызванного неисправным оборудованием подачи энергоснабжения.

10. Падение контейнера с высоты из-за дефекта погрузочного оборудования. Проверка перед началом работы не проводилась.

11. Возникновение пожара вследствие короткого замыкания (при транспортировке РАО).

12. Разгерметизация контейнера при транспортировке вследствие его заводского брака.

13. Нарушение целостности защитного сооружения из-за землетрясения.

14. Нарушение целостности защитного сооружения из-за террористического акта.

15. Нарушение целостности защитного сооружения из-за падения самолета.

Описание объекта исследования.

РАО на ПЗРО в специальных сертифицированных закрытых контейнерах.

Упаковки РАО доставляются на ПЗРО специальным автомобильным транспортом.

Упаковка РАО краном с помощью автоматического захвата перегружается со спецавтомобиля на транспортную тележку и перемещается в помещение входного контроля.

Помещение входного контроля РАО оборудуется спектрометрической установкой, которая обеспечивает измерение удельной активности радионуклидов в упаковке с РАО.

Проведение погрузочно-разгрузочных работ на площадке временного хранения РАО 3 класса осуществляется мостовым электрическим краном грузоподъемностью 10 т. Заполнение площадки выполняется последовательно, по ярусам. Установка упаковок на площадку предусматривается в три яруса.

С площадок временного хранения упаковки спецавтомобилем или автопогрузчиком доставляются к ячейкам на захоронение.

Козловым краном упаковка снимается с спецавтомобиля/автопогрузчика и загружается в отсеки ячейки захоронения.

Вербальное описание вероятности возникновения опасности	Вероятность возникновения	Балл
Опасность или ее проявление, которые могут вызвать определенный ущерб, не должны возникнуть за все время профессиональной деятельности работника. Получение травмы, вредного воздействия на организм работника при реализации опасного события практически исключено.	Очень низкая (практически невозможно)	1
Сложно представить опасное событие, однако может произойти. Для реализации опасного события необходимы многочисленные поломки (отказы) оборудования, ошибки персонала.	Низкая	2
Опасность или ее проявления, которые могут	Средняя	3

вызвать определенный ущерб, возникают лишь в определенные периоды профессиональной деятельности работника. Опасное событие иногда может произойти, не характерно, но может произойти.		
Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, возникают постоянно в течение всей профессиональной деятельности сотрудника. Опасное событие происходит достаточно регулярно, высокая степень возможности реализации опасного события.	Высокая	5
Опасное событие, скорее всего, произойдет. Событие происходит очень часто.	Очень высокая	7

Для каждого балла соответствует значение вероятности.

Количественная оценка вероятности, балл	Качественная оценка вероятности	Вероятность появления события
1	Почти невозможно	$<10^{-6}$
2	Очень редко	$10^{-6}-10^{-5}$
3	Редко	$10^{-5}-10^{-4}$
5	Возможно	$10^{-3}-10^{-2}$
7	Почти наверняка	$10^{-1}-1$

Ф.И.О. эксперта _____

Подпись _____