

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
<b>Ремедиация земель подверженных загрязнению техногенными радионуклидами</b>
УДК 631.4:504.05:69.055.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E2A	Ермолаев Денис Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Применять глубокие знания для создания новых методов по реабилитации зараженной земли
P2	Применять глубокие знания в области ремедиации зараженной земли
P3	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проведения восстановительных работ на зараженной почве
P4	Исследовать новые подходы к решению задач по ремедиации зараженной техногенными радионуклидами земли
<b>Универсальные компетенции</b>	
P5	Эффективно работать, индивидуально в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работ и готовность следовать корпоративной культуре организации
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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



Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ С.В. Романенко  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>бакалаврской работы</b>
<small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
1E2A	Ермолаеву Денису Сергеевичу

Тема работы:

Ремедиация земель подверженных загрязнению техногенными радионуклидами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.16 №2868/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(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.).</i></p>	<p>Проектирование технологического комплекса по ремедиации загрязненной земли Семипалатинского испытательного полигона.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести обзор мирового опыта при проведении восстановительных работ заражённой почвы радионуклидами.</li> <li>2. Обосновать необходимость проведения ремедиации загрязнённых земель конкретной площадки «Опытное поле» СИП.</li> <li>3. Разработать проект технологического комплекса по ремедиации загрязнённой земли Семипалатинского испытательного полигона.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p><b>Схемы расположения испытательных площадок</b></p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p><b>Королева Наталья Валентиновна</b></p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p><b>Романцов Игорь Иванович</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.03.2016</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н., доцент		14.03.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E2A	Ермолаев Денис Сергеевич		14.03.2016

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
 Уровень образования бакалавр  
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности  
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	31.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела модуля/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.04.2016	Раздел «Ремедиация земель подверженных радиоактивному загрязнению». Подбор литературы, теоретические данные.	
29.04.2016	Раздел «Разработка проекта по ремедиации загрязненных земель». Создание технологического комплекса.	
12.05.2016	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Произвести оценку коммерческого потенциала.	
16.05.2016	Раздел «Социальная ответственность». Рассмотреть опасные и вредные производственные факторы и способы защиты.	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н., доцент		14.03.2016

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		14.03.2016

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1E2A	Ермолаев Денис Сергеевич

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></li> <li>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></li> <li>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></li> </ol>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, нормативно-правовых документах.</p>
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></li> <li>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></li> <li>3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></li> </ol>	<p>Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, QuaD-анализ, конкурентоспособность.</p> <p>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.</p> <p>Оценка сравнительной эффективности исследования.</p>
---	--

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Альтернативы проведения НИ*
4. *График проведения и бюджет НИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.16
---	----------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Королева Наталья Валентиновна			14.03.2016

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E2A	Ермолаев Денис Сергеевич		14.03.2016

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E2A	Ермолаев Денис Сергеевич

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Техносферная безопасность

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Семипалатинский ядерный полигон, проведение ядерных взрывов, загрязнение почвы техногенными радионуклидами, проведение рекультивации почвы путём снятия верхнего слоя и последующим её захоронением.</p>
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1.1. Запыленность, загрязненная вода и продукты питания, ионизирующее излучение, шум, освещенность, вибрация, микроклимат. Вызывают неблагоприятное воздействие на органы дыхания, слизистую оболочку глаз, кожных покровов человека, сердечно-сосудистую систему, костную систему. Коллективная защита – дезактивация радиоактивных почв и спец техники. Индивидуальная защита – применение спецодежды, особые костюмы, белье и обувь, головные уборы, перчатки, респираторы и противогазы, каски.</p> <p>1.2. Механические опасности – движущиеся транспортные средства и подвижные части машин. Средства защиты – защитные ограждения, защитные очки, каски.</p>
---	--

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Участок захоронения радиоактивных материалов по периметру ограждён проволокой, а с наружи имеется частично разрушенный ров. Расстояние до населённого пункта 60 км. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567—96 Радиоактивные выпадения от атмосферных испытаний ядерного оружия относится к зоне повышенного радиационного риска (доза воздействия на население от 7 до 35 бэр за весь период испытания). Закон Республики Казахстан от 11.03.2002 N 302-2 "ОБ ОХРАНЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА" Анализ воздействия на гидросферу и литосферу: загрязнились водоемы продуктами ядерного распада, традиционные пастбища для выпаса совхозного и личного скота.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможен пожар, взрыв, на месте хранения ГСМ в результате нарушения правил ТБ. Наиболее типичная ЧС – это пожар и взрыв. Разработка ТБ, обучение персонала действиям в результате возникновения пожара, информационные плакаты.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Федеральный закон "О радиационной безопасности населения" № 3-ФЗ от 09.01.96г.; СанПиН 42-129-11-3938-85 Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-85) ГН2.6.1.054-96 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-96)</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.16
---	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		14.03.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2А	Ермолаев Денис Сергеевич		14.03.2016



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 111 с., 15 рис., 29 табл., 22 источника, 1 прил.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, ремедиационные мероприятия, радиоактивное загрязнение, радионуклиды.

Объектом исследования является Семипалатинский ядерный полигон, на котором проводились ядерные испытания, в результате чего были заражены эти земли и прилегающие к полигону территории.

Цель работы – разработка проекта технологического комплекса для проведения работ по ремедиации загрязненных земельных участков техногенными радионуклидами, с целью последующей передачи данных земель в сельскохозяйственное пользование населению без каких либо ограничений.

В процессе исследования проводился обзор мирового опыта в решении данной проблемы, оценка содержания радионуклидов в почве Семипалатинского испытательного полигона.

В результате исследования был предложен проект создания технологического комплекса по ремедиации загрязненной радионуклидами земли. С передачей данных земель в сельскохозяйственное использование.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: пункт хранения радиоактивных отходов, бокс для дезактивации, ангар для СВХ (склада временного хранения)

Область применения: данный проект можно использовать для проектирования и проведения ремедиационных мероприятий земель, зараженных техногенными радионуклидами.

В будущем планируется проводить работы по обеспечению радиационной безопасности эксплуатации технологических комплексов по хранению и захоронению радиоактивных отходов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СИП – Семипалатинский испытательный полигон;  
РК – Республика Казахстан;  
НЯЦ РК – Национальный ядерный центр Республики Казахстан;  
ВМ – воздушные массы;  
П-1 – площадка 1;  
П-2 – площадка 2;  
П-3 – площадка 3;  
БРВ – боевые радиоактивные вещества;  
РВ – радиоактивные вещества;  
ВАП – выливные авиационные приборы;  
МЭД – мощности эквивалентной дозы;  
М – могильник;  
ИРН – искусственные радионуклиды;  
ЯТЦ – ядерно-топливный цикл;  
ПД – пределы доз;  
ПГП – пределы годового поступления;  
ДОО – допустимые среднегодовые объемные;  
ПХРО – пункт хранения радиоактивных отходов;  
СВХ – склада временного хранения;  
ПХРО – пункт хранения радиоактивных отходов;  
ОПП – опытное поле;  
ж/б – железобетонные;  
ЛЭП – линии электропередач;  
СИЗ – средства индивидуальной защиты;  
ГСМ – горюче-смазочные материалы;  
РАО – радиоактивные отходы;  
МОИ – материалы ограниченного использования.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 РЕМЕДИАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ ПОДВЕРЖЕННЫХ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ.....	22
1.1 Планирование ремедиационных мероприятий.....	22
1.2 Зарубежный опыт.....	23
1.3 Результат проведенных работ.....	26
2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИП.....	27
2.1 Ландшафтно-географическая и климатическая характеристика исследуемого района.....	27
3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ОБСТАНОВКИ В ИССЛЕДУЕМОМ РАЙОНЕ.....	27
3.1 Испытания на площадке "Опытное поле".....	30
3.2 Современная радиационная обстановка на загрязненных территориях, которые непосредственно оказывают влияние на формирование радиационной обстановки на территории СИП.....	30
3.3 Участок захоронения радиоактивных материалов ("могильник").....	40
3.4 Современное состояние радиационной обстановки на территории "могильника".....	41
3.5 Площадное распределение искусственных радионуклидов на загрязненных территориях.....	43
4 ТРЕБОВАНИЯ РК В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	46
4.1 Современный статус территории СИП и условия проведения какой либо деятельности в местах проведения ядерных взрыв.....	46

4.2	Порядок передачи земель.....	48
4.3	Допустимые уровни дозовых нагрузок на население .....	49
4.4	Требования нормативных документов РК к уровням радиоактивного загрязнения окружающей среды.....	50
4.5	Нормирование загрязнения почвенного покрова .....	53
5	РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПО РЕМИДАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	55
5.1	Обоснование необходимости проведения ремидиационных работ на загрязненных участках .....	55
5.2	Основные этапы создания технологического комплекса для проведения работ по ремидации загрязненных площадок СИП .....	56
5.3	Создание физической защиты площадки «Опытное поле».....	56
5.3.1	Детализация границ площадки «Опытное поле».....	56
5.3.2	Создание периметра физической защиты.....	56
5.3.3	Контроль целостности периметра .....	57
5.3.4	Создание ПХРО (пункта хранения радиоактивных отходов).....	57
5.3.5	Подготовка карт хранения РАО (радиоактивных отходов).....	57
5.3.6	Создание инфраструктуры.....	57
5.4	Лагерь на БРВ (Боевые радиоактивные вещества).....	57
5.5	Рабочая зона.....	57
5.5.1	Бокс для дезактивации.....	58
5.5.2	Площадка для разбраковки, паспортизации и отгрузки радиоактивных отходов и материалов ограниченного использования.....	59
5.6	Лагерь на ОПП (опытном поле).....	60
5.7	Жилая зона лагеря на опытном поле.....	60
5.8	Заправочная станция.....	61
5.9	Крупномасштабная радиационная съемка .....	64

5.9.1	Создание карты распределения РАО (радиоактивных отходов) на площадках.....	64
5.9.2	Радионуклидная идентификация радиоактивных отходов.....	65
5.9.3	Оценка объемов радиоактивных отходов и материалов ограниченного использования.....	66
5.10	Поэтапное изъятие загрязненного грунта и сортировка радиоактивных отходов.....	66
5.11	Транспортировка загрязненного грунта на СВХ.....	66
5.12	Паспортизация и размещение РАО на СВХ.....	69
5.12.1	Захоронение радиоактивных отходов на пункте хранения радиоактивных отходов.....	70
5.12.2	Заключительное обследование площадок «4», «4а» и объекта «Могильник».....	72
5.12.3	Восстановление почвенного покрова площадок «4», «4а» и объекта «Могильник».....	72
6	«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	72
6.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. ....	74
6.2	Анализ конкурентных технических решений .....	74
6.3	Технология QuaD.....	74
6.4	SWOT-анализ.....	75
6.5	Планирование научно-исследовательских работ.....	76
6.5.1	Структура работ в рамках научного исследования <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
6.6	Определение трудоемкости выполнения работ .....	80

6.7	Разработка графика проведения научного исследования .....	<b>Ошибка!</b>
	<b>Закладка не определена.</b>	
6.8	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	82
6.9	Расчет материальных затрат НТИ .....	86
6.10	Основная заработная плата исполнителей темы .....	86
6.11	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	87
6.12	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	88
6.13	Накладные расходы.....	88
6.14	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта..	89
6.15	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	<b>Ошибка!</b>
	<b>Закладка не определена.</b>	
7	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	94
7.1	Производственная безопасность.....	94
7.1.1	Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<b>Ошибка!</b>
	<b>Закладка не определена.</b>	
7.2	Средства индивидуальной защиты.....	97
7.3	Экологическая безопасность.....	99
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103
7.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	104
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	106
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. ....	110



## ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан – это многонациональная страна, которая широко представлена различными событиями, непосредственно связанных с ядерной энергией. Такие события как военные ядерные испытания, и мирные ядерные взрывы, и даже добыча и последующая переработка урана. Естественным фактором явилось, что все эти события, на фоне таких трагических событий как (Хиросима-Нагасаки, Чернобыль и другие аварии), привели к значительной настороженности человечества и, первым делом это относиться к Семипалатинскому испытательному полигону (СИП). Эта настороженность очень часто преувеличена и подчас носит предвзятый характер. Общество заболело радиофобией. Психологическое оздоровление общества – процедура весьма сложная и длительная и достижима только при условии объективного оценивания сложившейся ситуации и доступности этих результатов широкой общественности по средствам массовой информации [1].

Одним из главных направлений деятельности Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК) и его дочерних предприятий является обеспечение радиационной и ядерной безопасности ныне бывшего СИП и организация ведения хозяйственной деятельности с учетом особенностей его территории.

Решение о создании ядерного исследовательского полигона было постановлено Центральным комитетом КПСС и Советом Министров СССР 21 августа 1947 года.

СИП использовался для различных испытаний ядерного оружия СССР — как в земле (штольнях и скважинах), так и непосредственно в атмосфере. 12 августа 1953 года здесь было проведено испытание термоядерного оружия, в атмосфере — на высоте 30 метров над землей (заряд, который располагался в специальной башне). После этого испытания началось быстрое заражение



территории полигона и прилегающих к самому полигону земель, непосредственно радиоактивными элементами. 22 ноября 1955 года термоядерная бомба была сброшена с самолета и разорвалась в небе на высоте 2 км над уровнем земли.

Так, СИП стал смертельно опасным объектом для людей, проживающих недалеко от самого полигона испытаний. Полигон функционировал в период с 1949 по 1989 год. За всё это время было произведено более 450 испытаний, в ходе которых взорвали около 600 как ядерных, так и термоядерных устройств. Из них было примерно 30 наземных и не менее 85 воздушных произведено взрывов. Кроме того, проводились и другие испытания, в число которых входили гидродинамические и гидроядерные испытания данного оружия. Известно, что общая мощность зарядов, непосредственно сброшенных на Семипалатинский ядерный полигон в период с 1949 по 1963 год, в 2,2 тыс. раз больше, чем сила атомной бомбы, которая была скинута США в 1945 году на Хиросиму [2].

Полигон находится в Республике Казахстане на границе Павлодарской, Восточно-Казахстанской, и Карагандинской областей, на расстоянии 130 километрах северо-западнее г. Семипалатинска, и на левом берегу Иртыша [1].

СИП занимает площадь в 18500 км<sup>2</sup>. На территории полигона расположен ранее закрытый город Курчатов, который был переименован в честь советского физика Игоря Курчатова, ранее который обозначался как Москва-400, Берег, Семипалатинск-21, станция Конечная. На географических картах это место показано как «Конечная» (название самой станции) или «Молдары» (село, которое входит в состав Курчатова).

Постановлением Правительства Республики Казахстан № 172 от 07.02.1996 года земли бывшего полигона были переведены в состав земель запаса таких областей как: Карагандинской — это 131,7 тысяч га, Павлодарской — 706 тысяч га, Восточно-Казахстанской областей — 978,9 тысяч га.

Общая площадь использованных и пострадавших земель была оценена в 304 000 км<sup>2</sup> [1].

Последнее в истории Казахстана ядерное испытание было произведено 19 октября 1989 года. 29 августа 1991 года Президентом РК Н. А. Назарбаевым был подписан Указ № 409 «О закрытии Семипалатинского ядерного полигона»

С момента закрытия ядерного полигона и по настоящее время учеными Казахстана совместно с международным научным сообществом был получен очень большой объем информации по отношению к текущей радиационной обстановки непосредственно на СИП и прилегающих к полигону землях. И были выявлены все основные участки радиоактивного загрязнения, а в последующем определены основные пути и механизмы текущего и потенциального распространения радиоактивных веществ на данной территории. Полученные данные, дают возможность сделать нам соответствующий вывод, что в настоящее время СИП не оказывает никакого негативного воздействия на население, проживающее на прилегающих к полигону территориях, за исключением населения, проживающего в зоне влияния реки под названием Шаган. Можно однозначно утверждать, что соблюдение норм закона и специально разработанных правил, распространяющихся на деятельность на территории СИП, обеспечивает радиационную безопасность при осуществлении на ней хозяйственной деятельности.

Одновременно с этим, радиэкологическая ситуация данной территории не является стабильной, и выявлены значительные процессы миграции радиоактивных веществ, и всё это вызывает необходимость проведения регулярного мониторинга радиационной ситуации на СИП и дальнейшего продолжения исследований ситуации на полигоне. Можно отметить, при учёте масштабы СИП и многообразия проведенных на ней испытаний, имеющаяся информация не являются исчерпывающей, но она позволяет

предложить научно обоснованный план исследовательских работ и практических ликвидационных мероприятий таких как ремедиация зараженной земли.

Весь комплекс экспериментальных данных, полученных НЯЦ РК к настоящему времени, позволяет сделать соответствующие выводы, о том, что на основной части территории исследуемого полигона уровень концентраций искусственных радионуклидов сравним с уровнем глобальных выпадений, что говорит о возможности передачи этих земель в сельскохозяйственное пользование, без каких-либо на то ограничений. Необходимость планомерных работ и постепенной передачи земель СИП в народнохозяйственный оборот было поддержано руководством страны, что непосредственно нашло отражение в решениях Совета Безопасности от 06 апреля 2009 года и Протокольном решении Межведомственной Комиссии при Совете Безопасности от 7 мая 2009 года. В соответствии с законодательством РК, в настоящее время вся территория СИП относится к землям запаса, согласно (Постановлению РК от 7 февраля 1996 года №172). В соответствии со статьёй 143 "Земельного Кодекса РК". Земельные участки, на которых соответственно проводились испытания ядерного оружия, на основании данной статьи могут быть предоставлены Правительством РК в собственность, землепользование только после завершения всех необходимых мероприятий по ликвидации последствий испытания ядерного оружия и комплексного экологического обследования при наличии заключения государственной экологической экспертизы соответственно положительной [3].

Исходя из вышеперечисленного, необходимым этапом передачи земли является проведение экологического обследования конкретных передаваемых земель. Одной из главных целей и конечной целью работ по СИП должна стать постепенная передача земель СИП в народное хозяйство и использование по назначению. Передача земель возможна только после проведения на ней всех

комплексных экологических исследований и реабилитационных мероприятий на наиболее опасных участках радиоактивного загрязнения земли полигона.

Вместе с тем, нельзя потерять бесценный научный материал о СИП. Некоторые его участки необходимо сохранить как музейные экспонаты, которые будут отражать важнейший этап развития человечества – этап освоения атома и создания самого грозного в истории человечества ядерного оружия. СИП может рассматриваться как мировая лаборатория для непосредственного исследования поведения искусственных радионуклидов в естественной среде.

Целью моей работы является – разработка проекта технологического комплекса для проведения работ по ремедиации загрязненных земельных участков СИП техногенными радионуклидами, с целью последующей передачи данных земель в сельскохозяйственное пользование населению без каких либо ограничений. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Произвести обзор мирового опыта при проведении восстановительных работ заражённой почвы радионуклидами и выбрать верное техническое решение данной проблемы.

2. Обосновать необходимость проведения ремедиации загрязненных земель конкретной площадки «Опытное поле» и прилегающих территорий загрязненных радионуклидами.

3. Разработать проект по проведению восстановительных работ на площадке «Опытное поле» и соседних загрязненных территорий.

Первым этапом длительной работы по ремедиации земли мной была выбрана "северная" территория СИП. На карте территория обозначена красной границей.

Оснований для такого решения было несколько:

- именно на этом ядерном полигоне в такой промежуток времени как с 1995 по 2007 годы было сформировано и накоплено большое количество информации о конкретном содержании искусственных радионуклидов в

различных объектах окружающей среде;

- эта территория находится на минимальном расстоянии к такому основному населенному пункту района как г. Курчатов;

- на данной заражённой территории полигона ведётся несанкционированная сельскохозяйственная деятельность населения;

Имеющейся уже информации недостаточно для передачи данных земель в пользование населению:

- недостаточная плотность исследования почвенного покрова по трансурановым изотопам и недостаточная надежность этих данных;

- недостаток надежных экспериментальных данных и необходимых расчетов о содержании радионуклидов в различных природных средах (водных источниках, воздухе);

- отсутствия расчетов о дозовых нагрузках на население территории;

- отсутствия данных по конкретному содержанию некоторых радионуклидов, которые могут внести определённое значение в дозовые нагрузки (плутоний-241, тритий) и другие.

На основании этих данных, было принято решение о проведении комплексного экологического исследования этой "северной" территории СИП по данной схеме:

- теоретическая оценка возможного радионуклидного загрязнения "северных" территорий СИП, включая и расчет возможных концентраций полного спектра радионуклидов образующихся при ядерном испытании, таких как: технеций – 99, самарий – 151, плутоний – 238, америций-241, тритий;

- оценка основных техногенных факторов, которые способны повлиять в настоящий период времени на существующую радиоэкологическую обстановку на данной территории;

- экспериментальное определение характера и уровня загрязнения почвенного покрова, при этом исследования необходимо проводить по разной сетке – с шагом 1,5 км для западной части, 1 км для восточной части, а для центральной части предварительно провести исследовательские работы по возможному уточнению шага сети опробования;

- оценка общих характеристик почвенного покрова, и характера распределения основных радионуклидов в почвах, а также форм нахождения основных искусственных радионуклидов;
- гидрогеологическое исследование условий этого района и конкретного характера загрязнения водных сред и прогноз возможного его изменения;
- исследование характера загрязнения воздушной среды этой территории;
- проведение геоботанического описания теоретической и экспериментальной оценки уровней и характера загрязнения растительного покрова, а также возможных концентраций радионуклидов в сельскохозяйственной, растениеводческой продукции при ее производстве на этой территории;
- оценка животного мира данного района и содержания радионуклидов в организме диких и домашних животных;
- определение дозовых нагрузок на население данного участка и персонала при осуществлении деятельности на исследуемой территории, в том числе при сценарии "фермер, ведущий натуральное хозяйство" на основе экспериментальных данных;

Данные исследования были проведены Национальным ядерным центром в период с 1995 по 2007 гг.

По результатам проведенных работ были выявлены локальные земельные участки, уровни загрязнений которых превышают допустимые пределы для ведения сельскохозяйственной деятельности населения.

# **1 РЕМЕДИАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ ПОДВЕРЖЕННЫХ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ**

## **1.1 Планирование ремедиационных мероприятий**

В результате радиоактивного загрязнения территории становится невозможным проживание на ней населения и обычное использование данных земельных угодий в течение длительного промежутка времени, что уже несомненно зависит от конкретного уровня загрязнения данных почв радионуклидами и состояния радиационной обстановки на данной территории. Заражённые земли характеризуются неблагоприятным экологическим состоянием и требуют к себе особого внимания и организации проведения на данных территориях комплексных мероприятий по оздоровлению природной среды и приведению загрязнённых земель в экологически безопасное состояние, пригодное для безопасного хозяйственного использования и проживания на них населения. Наиболее сложной экологической проблемой является ведение на радиоактивно загрязнённых земельных территориях, сельскохозяйственной деятельности с последующим получением продукции, которая должна соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам. Радиоактивные элементы, которые попадают в почву, не влияют на величину и технологическое качество урожая, но они могут накапливаться в нём, в определённом количестве, при котором урожай уже становится непригодным для пищи по установленным нормам радиационной безопасности. По данной информации, в ходе восстановительных работ почвы и реабилитации сельскохозяйственных угодий необходимо предусматривать проведение необходимых мероприятий по снижению уровня радиоактивного загрязнения продукции до минимально допустимой дозы [4].

Для планирования конкретных мероприятий по восстановлению заражённых земель. Первым делом на основе изучения характера распределения радионуклидов в агроценозах сразу после выпадения радиоактивных осадков, а

так же изучения закономерностей его перераспределения в процессе наблюдения последующей динамики обосновываются наиболее эффективные с позиции качества очистки реабилитационные мероприятия.

## **1.2 Зарубежный опыт**

Проблема поверхностного радиоактивного загрязнения имеет место в таких странах как: Россия, Украина, Австралия, Япония, Белоруссия и др. Каждый испытательный полигон имеет свои свойства и конкретные характеристики загрязнения почвы и окружающей среды. Одним из таких примеров будет рассмотрен полигон ядерных испытаний, который расположенный в Австралии, район Маралинга [5].

Великобритания использовала для испытаний территорию Австралии, а также граждан государства Австралии в своих интересах. В ходе ядерных испытаний, которые были произведены в период с 1950-е и 1960-е годы. Ядерные испытания были проведены на таких островах как: Монте Белло (северо-запад Западной Австралии, рядом с Манк Миа), в местности Эму Филд (северо-запад Южной Австралии), и в печальном районе Маралинга (юго-западе Южной Австралии), а также на острове Рождества и острове Молден (находятся южнее Гавайских островов). После завершения данных ядерных испытаний Grapple в 1962 г. британцы передали часть этих территорий в пользование США для проведения там испытаний Dominic, которые состояли непосредственно из 25 взрывов [5].





Рисунок 1 – Монумент на испытательном полигоне в районе Маралинга

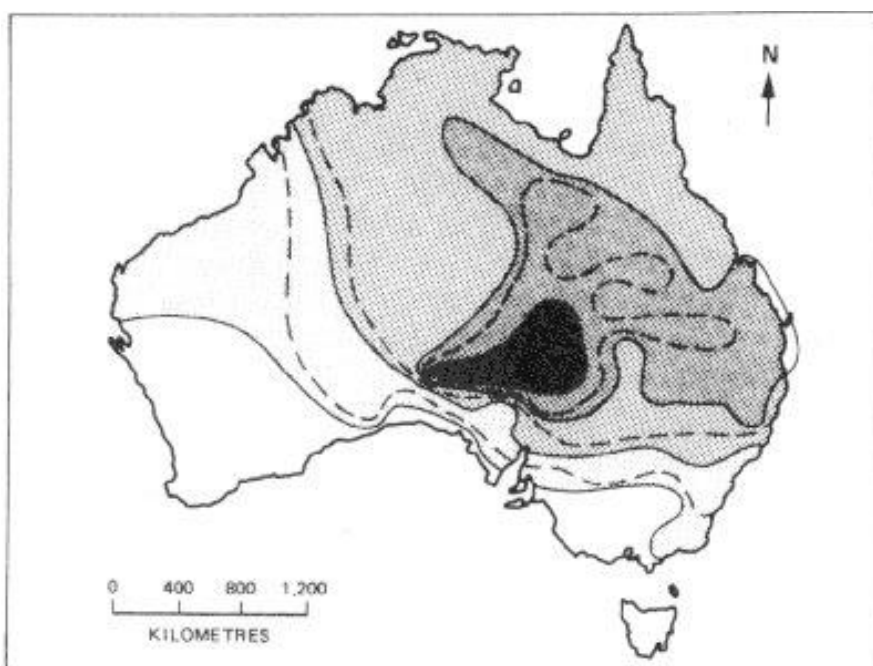


Рисунок 2 – Карта радиоактивных осадков, выпавших после проведения ядерных испытаний в районе Маралинга

Самым главным основным радиоактивным загрязнителем непосредственно в районе Маралинга был плутоний. Плутоний рассеялся по всей прилегающей территории в результате детонации ядерных боеприпасов и проведения серии дополнительных ядерных взрывов [6].

Наибольший вред здоровью человека может нанести плутоний, если человек будет вдыхать его мелкие частицы с воздухом. Возможно попадание в желудочно-кишечный тракт, и поступление в организм через поврежденные кожные покровы человека. Воздействие же плутония на организм не связано с

большим риском для здоровья, потому что этот элемент излучает только альфа-частицы, которые не могут проникнуть через кожу здорового человека. Также было отмечено присутствие различных других радиоактивных веществ, и фрагментов урана. Уран же не представляет опасности для человека с радиологической точки зрения, но наносит ощутимый ущерб организму при непосредственном попадании в желудочно-кишечный тракт в достаточно большом объёме.

Район Маралинга был реабилитирован и это событие происходило непосредственно в несколько этапов. На первом из них происходило удаление верхнего плодородного слоя почвы на самых загрязнённых территориях данного полигона. 350000 кубических метра земли с высоким содержанием радиоактивных элементов и отходов было удалено с поверхности площадью составляющей 2 квадратных километра. Вся заражённая земля была снята и захоронена в траншеях, которые имели глубину около 10–15 метров под слоем до 5 метров незаражённой почвы. Вторым этапом была проведена обработка образовавшихся ям с отходами. Всего одиннадцать ям подвергнуты локальному остеклованию или витрификации (это метод ISV, In Situ Vitrification). Метод ISV – это электрическое плавление не заражённых почв и последующее их формирование остеклованного монолита (стеклянный или керамический блок) целью является последующая их иммобилизация [6].

На участках работ были выставлены предупреждающие знаки, которые информируют о местах захоронения отходов. На основной территории полигона, где осуществлялись основные земляные работы, проведена рекультивация почвы. На участках полигона были установлены соответствующие знаки, которые предупреждали о недопустимости постоянного проживания на данной территории.

### **1.3 Результат проведенных работ**

Соответственно управление по радиационной защите и ядерной безопасности Австралии, ARPANSA, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, осуществило соответствующий контроль за реабилитированными территориями и подтвердило, что эти территории являются радиоактивно "чистыми" территориями. Потенциально опасные дозы облучения оказались значительно ниже, чем предполагаемые, и создание зоны, которая ограничила бы использование земельных ресурсов не является обязательным требованием. Конкретные ограничения на ведение хозяйственной деятельности в отдельных районах (это на 120 квадратных километров в районе Таранаки), что является только предупредительной мерой [6]. А возникновение смертельных раковых заболеваний соответственно уменьшилось с одного случая из 100 до менее чем одного случая из 20 000.

## **2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА**

### **2.1 Ландшафтно-географическая и климатическая характеристика исследуемого района**

Исследуется "северная" территория полигона, которая находится в южной части Майского района, Павлодарской области. С юго-западной части территория граничит с Карагандинской областью, на востоке - отделена рекой Иртыш от Бескарагайского района Восточно-Казахстанской области. Данная территория занимает крайнюю северо-восточную часть Казахского мелкосопочника с соответствующим переходом в плоскую равнину, полого наклоненную в сторону долины реки Иртыш. Относительные превышения рельефа составляют 10-15 м, абсолютная высота рельефа варьирует в пределах 150-300 м. Ландшафты представлены низкогорными массивами, отдельными горными грядами, сопками и межсопочными равнинами, понижениями под сухими и опустыненными степями [7].

Выделены следующие виды ландшафтов:

- Гранитное низкогорье: Аршалы и Достар горы с отметками 343 и 336 м над уровнем моря, которые сложены матрацевидными гранитами.
- Высокий грядовый и увалистый мелкосопочник с гранитными обнажениями и кварцитами по вершинам сопок.
- Низкий мелкосопочник. Для него характерны невысокие сопки с выходами коренных пород (гранитов и кварцитов).
- Делювиально-пролювиальные равнины, характерна для них разнотравная степная растительность.
- Глубокие углубления, занятые частично пересыхающими или

полностью (в летний период) озерами, которые представляют собой соры. Данные почвы засолены.

- Антропогенно нарушенные территории, которые формируются вокруг зимовок, где за счет перевыпаса и техногенного нарушения происходит деградация почвенного и растительного покрова.

Северная часть территории полигона здесь в основном выделяются каштановые и светло каштановые нормальные почвы, они являются зональными почвами данного региона. В общем, почвы этой обследуемой территории используются как пастбищные земли, потому что климат здесь крайне засушлив, неустойчивость урожая, неполивное земледелие на данных мест нецелесообразно. Из растительного покрова здесь преобладают ковыльно-типчаковые, полынно-ковыльно-типчаковые и полынно-ковыльные, и зачастую просто кустарниковые степи [7].

Из водных объектов северной части СИП представлена река Иртыш, несколько безымянных ручьев и довольно большое количество озёр. Тип питания реки Иртыш относится к рекам со смешанным питанием, т.е. (грунтовое, снеговое и питание за счёт атмосферных осадков). Долина реки изрезана многочисленными меандрирующими протоками с постоянным и временным водотоком. Во время половодья подъем воды составляет около 5-6 м; наименьший уровень отмечается только в августе-сентябре. Вода реки Иртыш пресная. В руслах ручьев вода существует лишь в периоды весеннего снеготаяния. Котловины и впадины озер заполняются талыми водами, которые в летнее время пересыхают, происходит постепенное наполнение котловин илистыми отложениями и их засоление. Наиболее крупные соленые озера исследуемой территории – Торесор, Кутансор, Кумансор, Баянсор, Дегебасор, Сулусор, Майсор, Караколь и Марзабай [4].

Для данного исследуемого района характерен резко-континентальный засушливый характер климата. Общими показателями континентальности

являются амплитуда суточных и годовых температур воздуха, значительная испаряемость, превышающая количество выпадающих осадков, чередование засушливых лет с достаточно влажными, неустойчивость погодных условий в течение вегетационного сезона, резкая смена зимних и летних режимов погоды. Зима (ноябрь-март) холодная, малоснежная. В первой половине сезона погода преимущественно пасмурная, во второй – ясная, морозная. Снежный покров устанавливается в середине ноября, толщина его к концу сезона обычно не превышает 25-30 см. На протяжении всей зимы часты метели, вызывающие заносы на дорогах, при сильных морозах бывают туманы. Весна (апрель-май) прохладная и пасмурная в первой половине сезона, теплая и ясная во второй; в конце сезона нередки грозы. По ночам в мае бывают заморозки. Снежный покров сходит в начале апреля. Лето (июнь-август) жаркое и сухое, дожди преимущественно ливневого характера с грозой. Осень (сентябрь-октябрь) в первой половине теплая и ясная, во второй – прохладная и пасмурная с морозящими дождями. В конце октября начинаются снегопады. Ветры в зимнее время года преимущественно юго-восточные, в летнее – северо-западные. Летом часты суховеи [8].

### 3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ОБСТАНОВКИ В ИССЛЕДУЕМОМ РАЙОНЕ

#### 3.1 Испытания на площадке "Опытное поле"

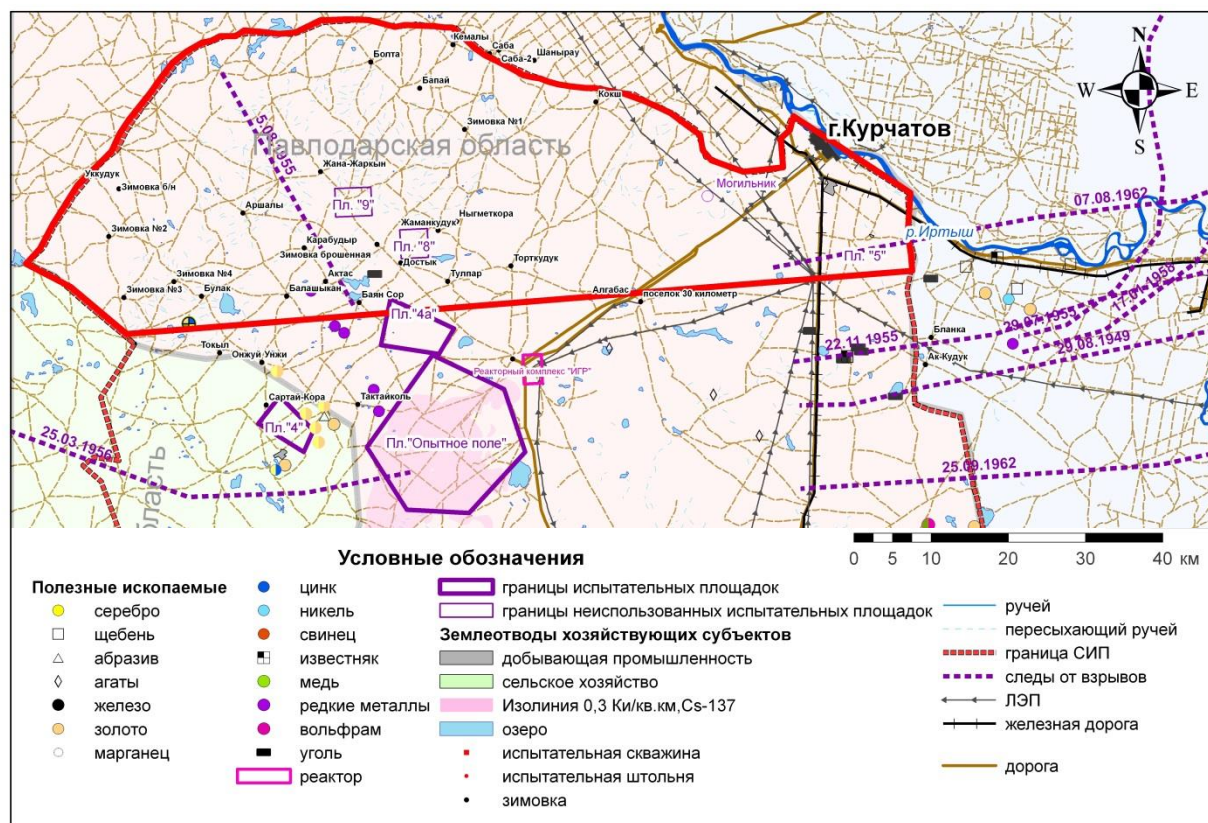


Рисунок 3 – Расположение загрязненных территорий

В период времени с 1949 по 1962 год на данных площадках П-1, П-2, П-3, П-5, П-7 было проведено всего 30 наземных и 86 воздушных ядерных испытаний. С 1958 по 1989 год на полигоне было осуществлено 85 гидроядерных экспериментов различных видов, из них 40 – на площадке "Опытное поле" (в основном, площадки П-2 и П-7 (П-2Г)). Все эти испытания в той или иной мере привели к радиоактивному загрязнению как территории полигона, так и прилегающих регионов [8].

При таких характеристиках наиболее вероятно, что только одно испытание с выбросом 46 Ки плутония, проведенное 24.07.1961 года (азимут 338°, расстояние 37 км (сплошная часть линии на рисунке)) (Рисунок 3), могло внести вклад в радиоактивное загрязнение исследуемой территории



изотопами плутония.

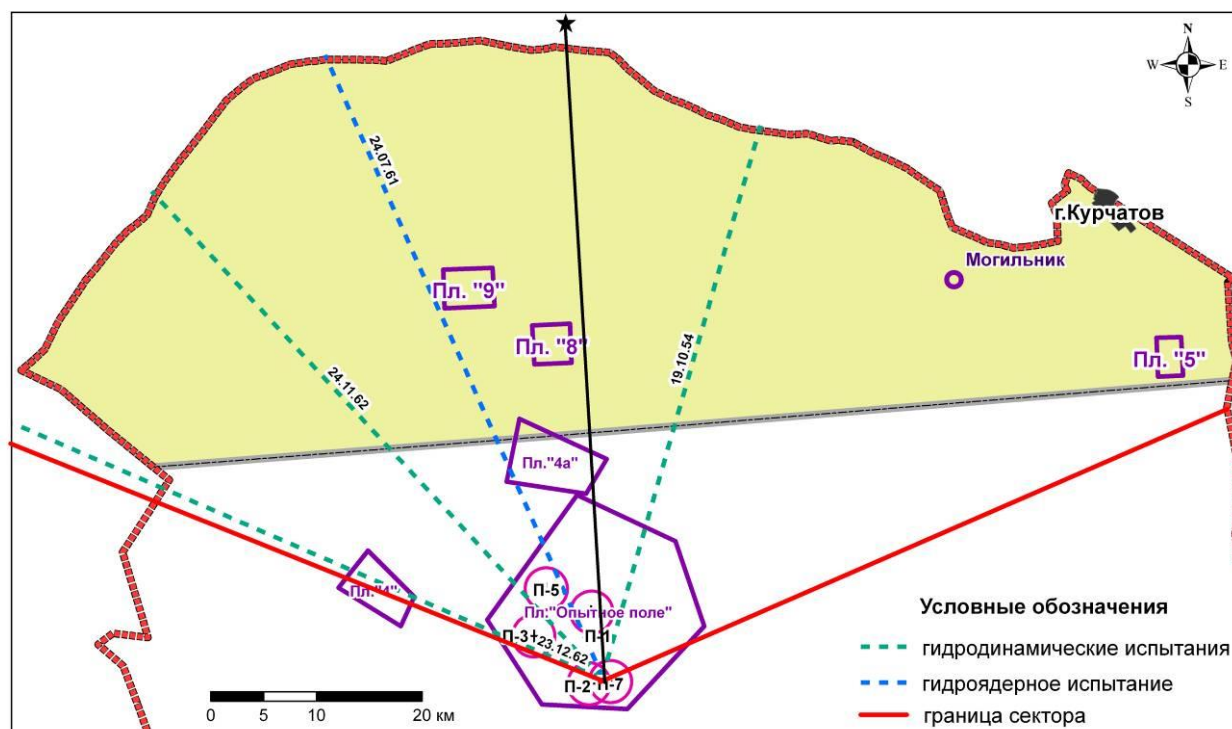


Рисунок 4 – Вклад радиоактивного загрязнения в результате гидроядерных испытаний

Ядерные взрывы – не единственный вид испытаний, проводившихся на территории СИП. В период с 1954 по 1957 годы были проведены испытания радиологического оружия, снаряженного боевыми радиоактивными веществами (БРВ) [9].

Основой такого вида оружия массового поражения, как боеприпасы с БРВ, являются радиоактивные вещества (РВ) в виде жидких и порошкообразных рецептур. Такие РВ получали, в основном, из отходов радиохимического производства. В испытаниях на СИП радиоактивной рецептурой был продукт ("рецептура 904"), удельная активность которого колебалась от десятых долей до единиц Кюри на литр. Общая активность распыленной рецептуры, содержащей долгоживущие радионуклиды, могла составить 10-12 тыс. Кюри. Испытания БРВ проводились на СИП путем подрыва отдельных боеприпасов, бомбометанием с самолета ИЛ-28, артиллерийско-минометными средствами или с помощью выливных



авиационных приборов (ВАП). Рецепт БРВ по своим химическим свойствам была чрезвычайно агрессивной, к её воздействию устойчивой была лишь нержавеющая сталь. В связи со сложностью дезактивации все оборудование, задействованное при испытаниях БРВ (емкости, трубопроводы, насосы и др.), было захоронено под пятиметровым слоем грунта. Места захоронения не известны [9].

Испытания БРВ проводились на двух площадках – "4" и "4а", расположенных в северо-западной части СИП. На исследуемой территории частично расположена одна из испытательных площадок БРВ – площадка "4а". В результате проведения испытаний БРВ сформировались локальные зоны радиоактивного загрязнения, в основном, в пределах испытательной площадки. Эти испытания также могли повлиять на радиоактивное загрязнение исследуемой территории [10].

### **3.2 Современная радиационная обстановка на загрязненных территориях, которые непосредственно оказывают влияние на формирование радиационной обстановки на территории СИП**

#### **Площадка "Опытное поле"**

Радиационная обстановка на испытательной площадке "Опытное поле" оценивалась по результатам пешеходной гамма-съемки и лабораторным анализам на содержание радионуклидов в отобранных пробах почв. В результате пешеходной гамма-съемки были оконтурены участки с высокими уровнями радиоактивного загрязнения местности, которые расположены, в основном, в пределах площадок, где проводились наземные ядерные испытания и модельные эксперименты (П-1, П-2, П-3, П-5, П-7). Максимальные значения мощности эквивалентной дозы (МЭД) находятся непосредственно в районе воронок, образовавшихся в результате ядерных взрывов [9]. При удалении от эпицентров испытаний МЭД снижается и на расстоянии до 1-2 км её значения достигают величин фонового уровня для данной территории, равного 0,10-0,15 мкЗв/ч. На рисунках показан профиль (красная пунктирная линия),

пересекающий площадку П-1 с юго-запада на северо-восток, и распределение МЭД вдоль этого профиля (Рисунок ).

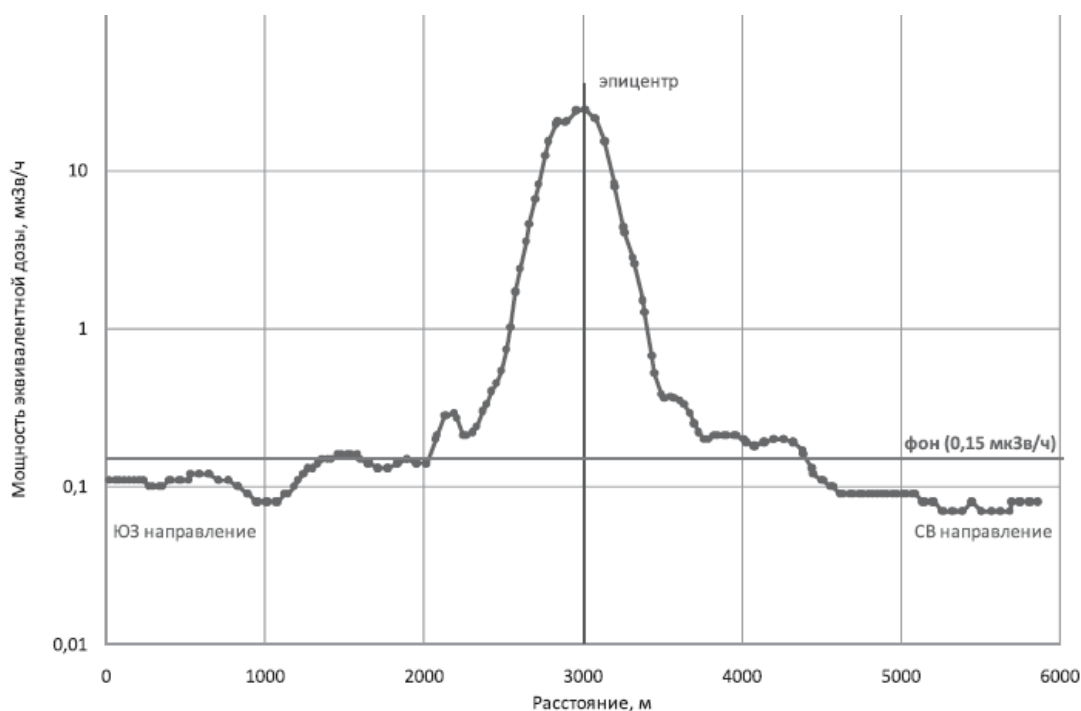


Рисунок 5 – Распределение МЭД в пределах площадки П-1

По результатам лабораторного анализа были определены удельные активности в почве техногенных радионуклидов, порядок значений которых представлен в Таблица 1. Радиоактивное загрязнение почвы на этих площадках сравнимо с твердыми радиоактивными отходами (на некоторых участках со среднеактивными РАО) [11].

Таблица 1 – Удельная активность радионуклидов в почвенном покрове в районе технических площадок испытательной площадки «Опытное поле»

Площадка	Удельная активность, Бк/кг							
	<sup>60</sup> Со	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>241</sup> Am	<sup>239+240</sup> Pu
П-1	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>3</sup>
П-2	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>3</sup>	-	-	n*10 <sup>5</sup>	n*10 <sup>4</sup>
П-3	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>0</sup>	-	n*10 <sup>3</sup>	не изм.
П-5	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>5</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>4</sup>	не изм.
П-7	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>3</sup>	не изм.

Распределение радионуклида <sup>137</sup>Cs в почве вдоль профиля (синяя сплошная линия) от эпицентральной зоны площадки П-1 в северо-восточном

направлении к границе северной части СИП показано на Рисунке 6.

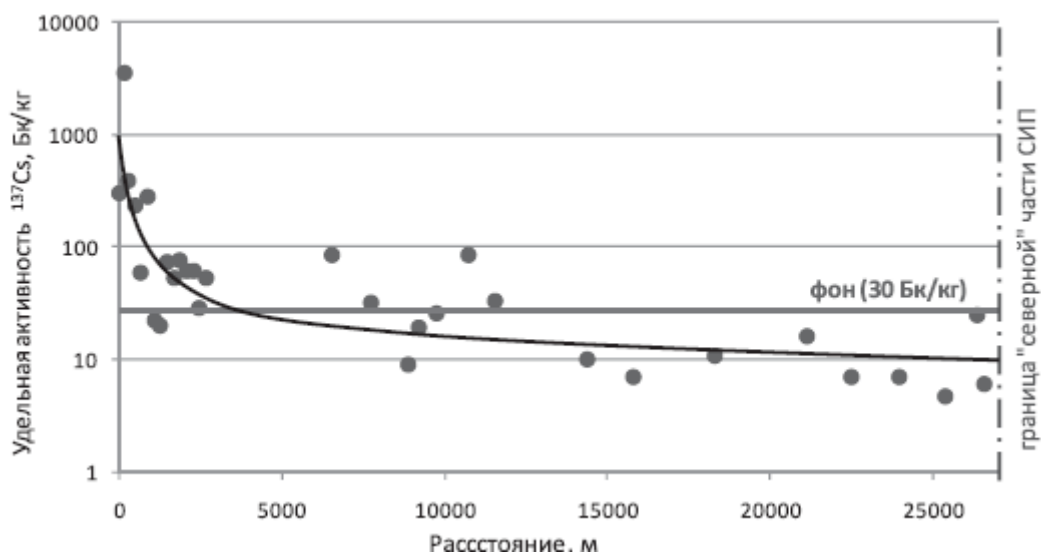


Рисунок 6 – Распределение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в северо-восточном направлении от эпицентральной зоны площадки П-1

По мере удаления от эпицентра площадки П-1 на расстояние 1 км происходит резкое снижение (на порядок) удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем 5-см слое почвы. На выходе за пределы площадки П-1 (2 км от эпицентра) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составляет менее 100 Бк/кг, а на расстоянии более 10 км снижается до уровня фона глобальных выпадений (30 Бк/кг) (Рисунок 6). Таким образом, радиоактивное загрязнение от ядерных испытаний в пределах площадки "Опытное поле" сосредоточено непосредственно вблизи эпицентров, формируя следы ближних радиоактивных выпадений, и по мере удаления от них снижается до фоновых уровней [10].

В настоящее время территория площадки "Опытное поле" может являться потенциальным источником радиоактивного загрязнения исследуемых территорий. Для ограничения доступа людей и животных на локальные участки радиоактивного загрязнения площадки "Опытное поле" целесообразно создать физические барьеры.

#### **Площадка "4а" и прилегающая территория**

Проведенные радиологические исследования позволили определить

контуры и уровень радиоактивного загрязнения на территории площадки. Было обнаружено более 30 локальных пятен радиоактивного загрязнения, которые по взаимному расположению были объединены в 25 участков (Рисунок 7).

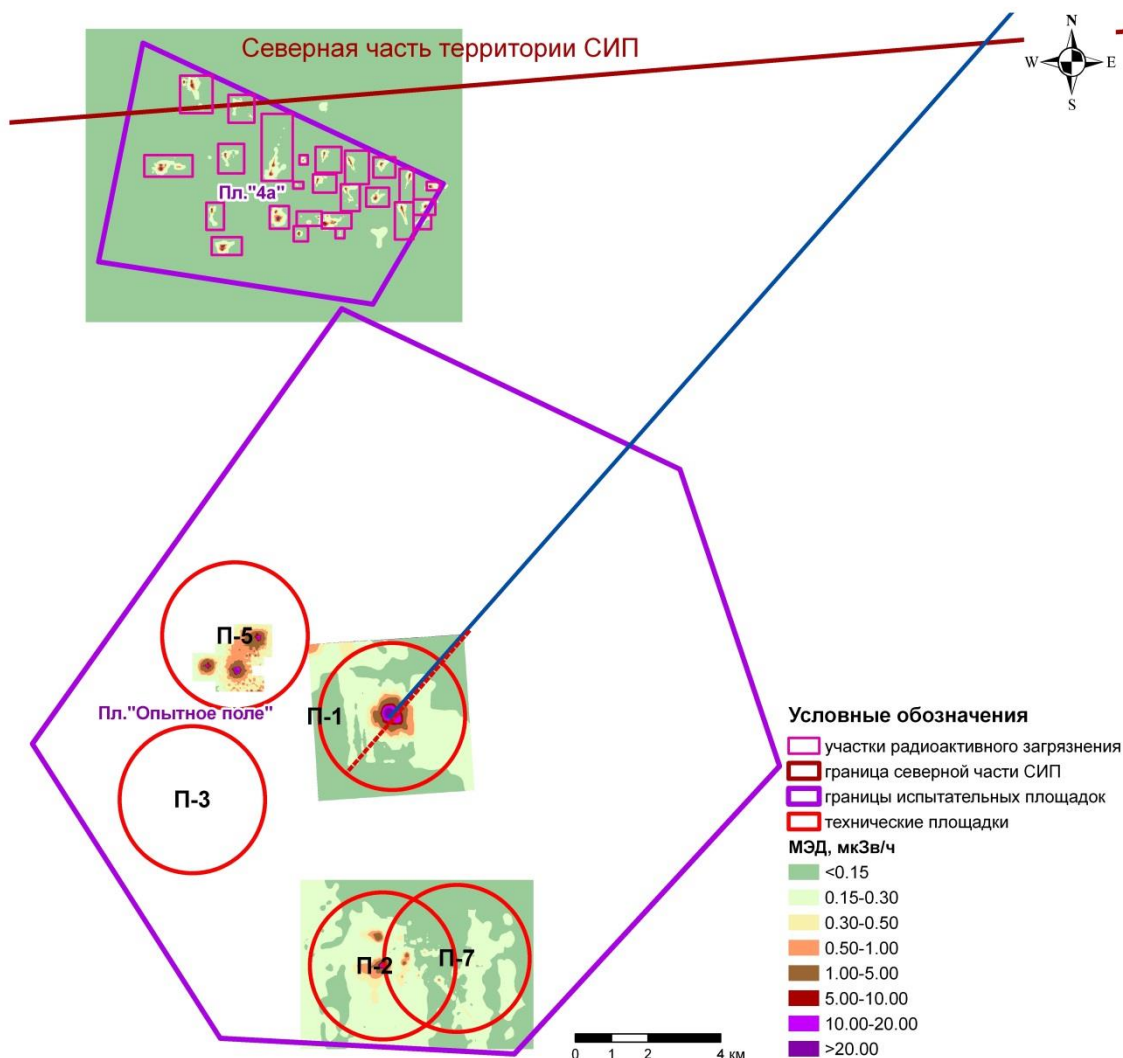


Рисунок 7 – Расположение испытательных площадок

Протяженность участков колеблется от нескольких десятков до тысяч метров. Два участка в северной части площадки "4а" расположены непосредственно на исследуемой территории. Испытания БРВ, следы от которых направлены в северо-восточном направлении, также могли привести к загрязнению исследуемой территории. Необходимо учесть еще и тот факт, что в районе другой площадки испытания БРВ - "4" были обнаружены участки локального радиоактивного загрязнения, расположенные в нескольких

километрах за пределами территории площадки [12].

Радиоактивное загрязнение почвы и растительности на исследованных участках испытания БРВ сравнимо с твердыми радиоактивными отходами (на некоторых участках – со среднеактивными РАО). По результатам лабораторного анализа были определены удельные активности в почве ряд техногенных радионуклидов, максимальные значения которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Удельная активность радионуклидов в почвенном покрове в районе локальных участков радиоактивного загрязнения площадки «4а»

Вид пробы	Удельная активность, Бк/кг							
	<sup>241</sup> Am	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>90</sup> Sr	<sup>239+240</sup> Pu
почва	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>5</sup>	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>2</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>3</sup>	n*10 <sup>8</sup>	n*10 <sup>4</sup>

Максимальное содержание <sup>90</sup>Sr в пробах растительности составляет 4\*10<sup>7</sup> Бк/кг. В почвах радионуклид <sup>90</sup>Sr распределен практически равномерно на глубину до 20 см. Наибольшую опасность, как источник вторичного радиоактивного загрязнения, представляют радионуклиды <sup>90</sup>Sr и <sup>239+240</sup>Pu, содержащиеся в почвенно-растительном покрове. Распределение радиационных параметров на локальных участках №1 и №2, расположенных непосредственно на исследуемой территории северной части территории СИП, представлены на Рисунке 8.

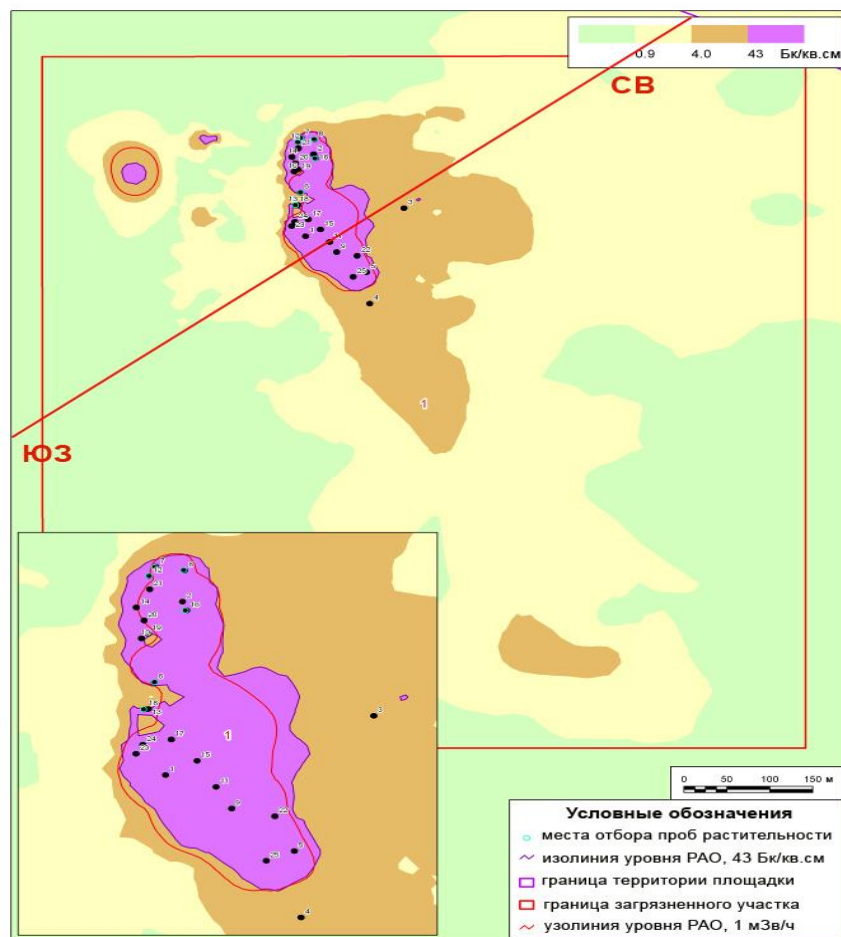


Рисунок 8 – Распределение радиационных параметров на локальных участках №1 и №2

При детальном рассмотрении распределения плотности потока бета-частиц вдоль профиля, расположенного в направлении с юго-запада на северо-восток, видно, что радиоактивное загрязнение распространяется в северо-восточном направлении на 800 м от точки максимального загрязнения участка испытания БРВ. Выходя за пределы испытательной площадки на расстояние 100 м, плотность потока бета-частиц снижается до фоновых значений Рисунок 9.

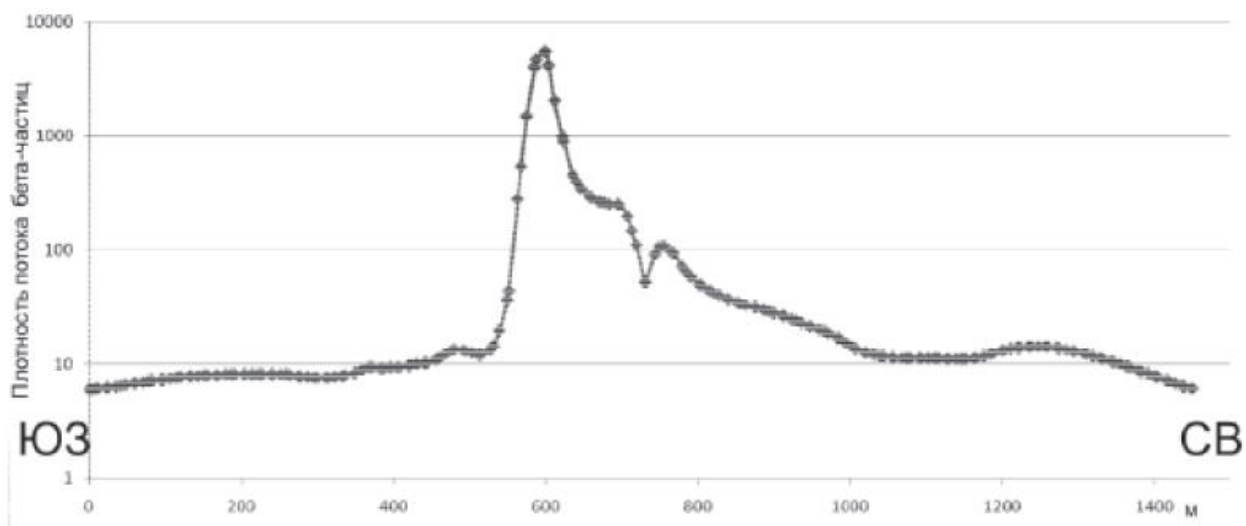


Рисунок 9 – Распределение плотности потока бета-частиц (частиц/см<sup>2</sup>\*мин) вдоль профиля ЮЗ-СВ

Таким образом, существует вероятность радиоактивного загрязнения за пределами испытательной площадки "4а" на расстоянии нескольких сотен метров.

Для оценки уровня радиоактивного загрязнения было проведено радиологическое обследование территории, непосредственно прилегающей к границе испытательной площадки "4а" на удалении до 1 км. Обследование проводилось по регулярной сети 200.200 м, а после обнаружения трех участков с повышенными радиационными параметрами они были обследованы по сети 40.40 м. Схема обследования участков представлена на картах Рисунок 10.



Рисунок 10 – Схема обследования участков

На участке №1 МЭД находится на уровне фоновых значений (0,13-0,15 мкЗв/ч), а плотность потока бета-частиц незначительно (менее чем в 2 раза) превышает фоновые величины ( $<10$  част/(мин\*см<sup>2</sup>)) и не носит характер выраженного локального загрязнения. Данная аномалия могла быть сформирована при выпадении радиоактивных аэрозолей из облака, образованного при проведении испытаний БРВ на площадке "4а". В отличие от участка №1, МЭД на участке №2 превышает фоновые величины в 1,5 раз, а плотность потока бета-частиц достигает 90 част/(мин\*см<sup>2</sup>), что в 9 раз выше фоновых значений, и имеет ярко выраженную локализацию. Площадь обнаруженного участка загрязнения не превышает 500 м<sup>2</sup>. По характеру локального загрязнения можно предположить, что оно образовано в результате испытания одного из боеприпасов с БРВ за пределами площадки испытаний [13].

Для ограничения доступа людей и животных на локальные участки радиоактивного загрязнения целесообразно создать физические барьеры.



### 3.3 Участок захоронения радиоактивных материалов ("могильник")

Одним из потенциальных источников радиоактивного загрязнения северной части территории СИП является участок приповерхностного захоронения отходов промышленной деятельности, расположенный на расстоянии около 15 км от г. Курчатова по направлению к площадке "Опытное поле". Местоположение участка захоронения отходов М (могильник) представлено на карте [13].

Участок захоронения радиоактивных материалов по периметру огорожен проволокой, а с наружи участка на расстоянии 3,5 м протянулся ров, который в настоящее время практически полностью разрушен. При первичном обследовании на территории площадки были обнаружены 4 искусственные насыпи и три раскопа, возле которых обнаружены алюминиевые крышки от неизвестных емкостей, сменные фильтры от противогазов, металлические сетки, металлические контейнеры, кости крупного рогатого скота и мелких животных (рисунок 11 Ошибка! Источник ссылки не найден.).



Рисунок 11 – Нарушенное ограждение

В стороне от всех раскопов был найден металлический контейнер для хранения источников ионизирующих излучений со следами частичного разрушения, не имеющий запорной крышки. На расстоянии 35–40 см от

горловины контейнера обнаружено радиоактивное загрязнение: значения МЭД составили 160 мкЗв/ч, плотность потока  $\beta$ -частиц - около 10 000 част/(мин\*см<sup>2</sup>). Предположительно, в контейнере находились радиоактивные вещества. Обстоятельства, при которых произошло локальное поверхностное радиоактивное загрязнение местности, неизвестны. Содержание контейнеров также неизвестно. Не исключено, что в них могли находиться источники ионизирующего излучения, которые остались захороненными в почве [14].

### 3.4 Современное состояние радиационной обстановки на территории "могильника"

В 2009 году были выполнены дополнительные исследования территории М. В результате внешнего осмотра установлено нарушение целостности его ограждения на четырех участках. Составлена карта-схема могильника (Рисунок 11).

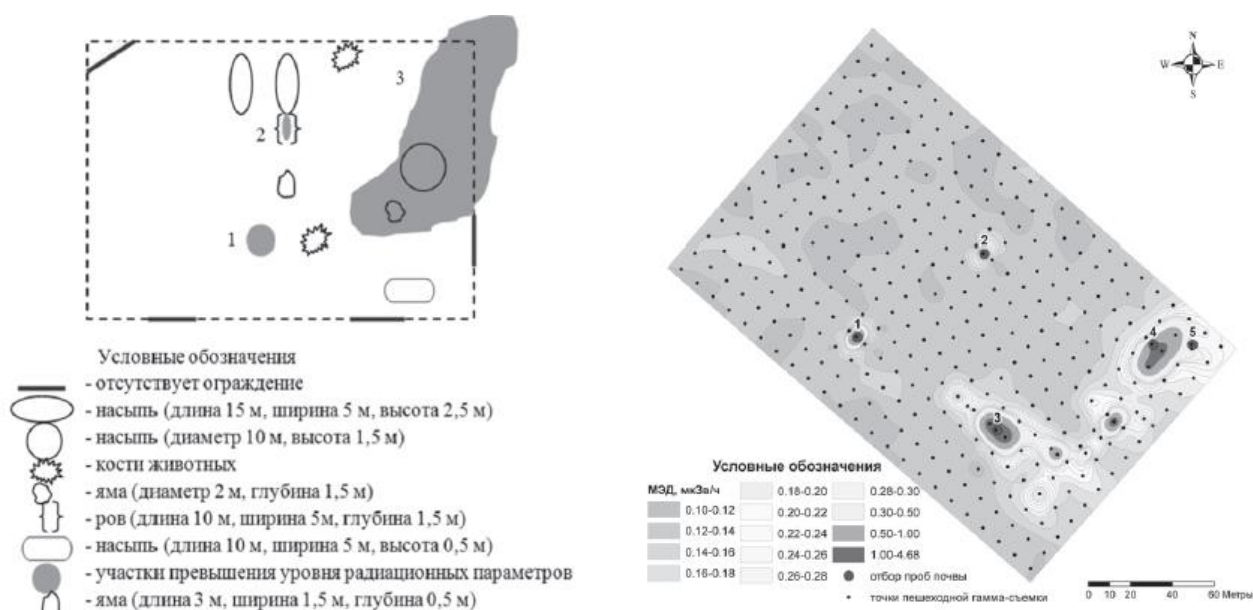


Рисунок 11 – Схема расположения техногенных объектов и участков радиоактивного загрязнения на территории "могильника"

В местах повышенного радиоактивного загрязнения было отобрано 5 проб почвы (рисунок 12) и проведены лабораторные анализы по определению искусственных радионуклидов (Таблица 3). При обследовании территории в районе точки №4 был обнаружен техногенный объект (предмет) черного цвета, шаровидной формы в диаметре около 15 см. Значение МЭД на поверхности

данного объекта составило 1,06 мЗв/ч [15].

Таблица 3 – Удельная активность радионуклидов в почве, отобранной на территории «могильника»

Вид пробы	Удельная активность, Бк/кг						
	<sup>241</sup> Am	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>90</sup> Sr
почва	n*10 <sup>0</sup>	n*10 <sup>5</sup>	<n*10 <sup>1</sup>	<n*10 <sup>2</sup>	<n*10 <sup>1</sup>	n*10 <sup>4</sup>	n*10 <sup>2</sup>

Радиоактивное загрязнение территории могильника, в основном, обусловлено <sup>137</sup>Cs при низком содержании других искусственных радионуклидов. В точке №1 радиоактивное загрязнение обусловлено <sup>90</sup>Sr при низком содержании радионуклидов <sup>137</sup>Cs и <sup>241</sup>Am. Такое распределение радионуклидов свидетельствует о наличии различных источников радиоактивного загрязнения территории "могильника". По всей видимости, радиоактивное загрязнение произошло в результате вскрытия неизвестными лицами верхнего слоя почвы и извлечения радиоактивных веществ на дневную поверхность. Проведенных исследований недостаточно для оценки объемов и уровней активности захороненных источников ионизирующего излучения, которые можно идентифицировать только после вскрытия "могильника" и их извлечения [16].

В настоящее время территория "могильника" никем не охраняется. Сотрудники ИРБЭ периодически проводят визуальный осмотр территории. За время, прошедшее с 2002 года, дополнительных видимых нарушений на территории "могильника" не произошло.

Таким образом, при принятии решения о передаче земель необходимо огородить и не вводить в хозяйственный оборот территорию приповерхностного размещения радиоактивных материалов М (могильник), так как вполне возможно, что радиоактивные материалы захоронены под слоем грунта, и оценить их объемы в настоящее время не представляется возможным. Также необходимо предусмотреть создание санитарно-защитной зоны вокруг него на расстоянии до 500 м, пока не будут проведены работы по

рекультивации "могильника" [16].

Для ограничения доступа людей и животных на территорию "могильника" целесообразно восстановить проволочное ограждение и создать физический барьер в виде траншеи.

### **3.5 Площадное распределение искусственных радионуклидов на загрязненных территориях**

Распределение радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  в верхних горизонтах 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 см этих почв представлено в приложении А.

Из таблицы видно, что распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в зональных почвах, в основном, подчиняется общеизвестной закономерности, то есть максимум содержания приурочен к поверхностному горизонту, а с глубиной значения резко уменьшаются. В солонцах поведение  $^{137}\text{Cs}$ , также как и  $^{239+240}\text{Pu}$ , иногда создает другую картину. Так, в прокопки 4 максимальное значение отмечается в слое 10-15 см. Этот факт можно объяснить наличием трещин на суглинистой поверхности почвы, когда под действием водного потока, а вода долго стоит в понижении, радионуклиды могут переместиться в нижележащие слои. В солончаках поведение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  соответствует общеизвестной закономерности [18].

Из-за достаточно низкого уровня радиоактивной загрязненности данных территорий, данные, по которым можно было бы определить состояние о профильном распределении  $^{90}\text{Sr}$  радионуклида, не были получены. Но возможно здесь сделать оценку о распределении в профиле данного радионуклида по ранее полученным данным на площадке "4а", непосредственно прилегающей к исследуемой территории. Согласно этим данным, распределение  $^{90}\text{Sr}$  подчиняется общеизвестной закономерности, когда основное содержание сосредоточено в поверхностных слоях, а с глубиной содержание плавно уменьшается. Процентное содержание  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в слое от общей суммы в профиле представлено на гистограммах (рисунок 13 – рисунок 14). В случае значений менее какого-либо предела

обнаружения в расчет взяты максимальные содержания, то есть на уровне этого предела.

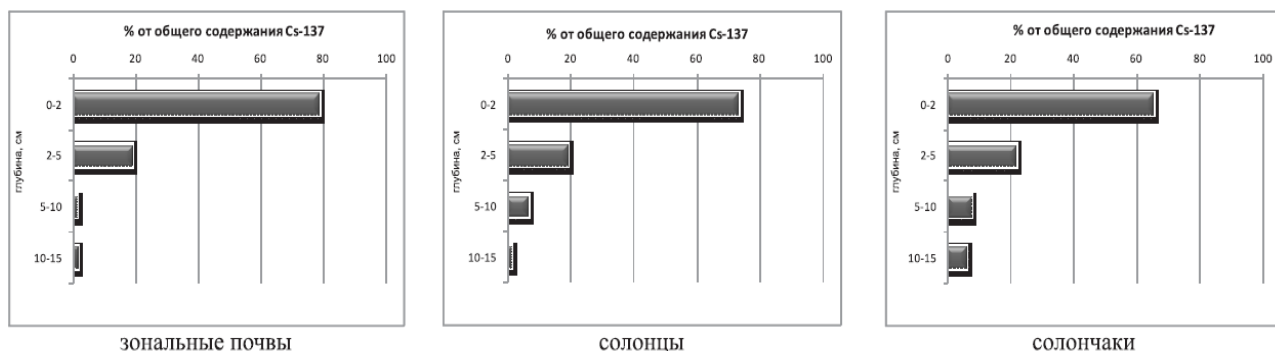


Рисунок 13 – Распространение радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в горизонтах почв

Из рисунка 13 ясно, что содержание (60—80%)  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в основном в верхнем слое, представленным поверхностной корочкой. Вниз значения резко падают. До глубины 15 см в значительных количествах (8—10%) проникает  $^{137}\text{Cs}$  только в солончаках, что обосновано рыхлым сложением поверхностных горизонтов почвы [17].

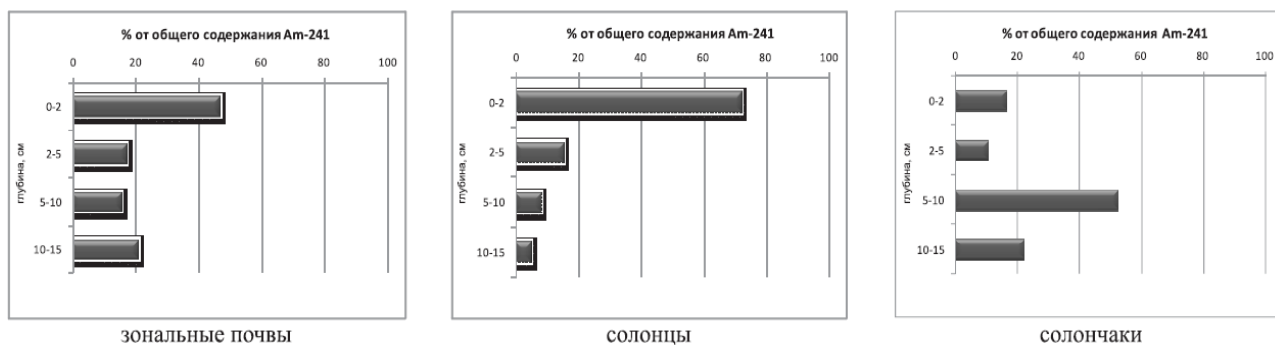


Рисунок 14 – Распределение радионуклида  $^{241}\text{Am}$  по горизонтам почв

Рисунок 14 показывает, что максимальное количество радионуклида  $^{241}\text{Am}$  не всегда приближено к поверхностному слою 0-2 см, и отсутствует картина постоянного снижения концентраций с глубиной, что характерно для  $^{137}\text{Cs}$ . Максимум содержания  $^{241}\text{Am}$  в солончаке в слое 5-10 см достигает 65% от общей суммы в профиле [18].

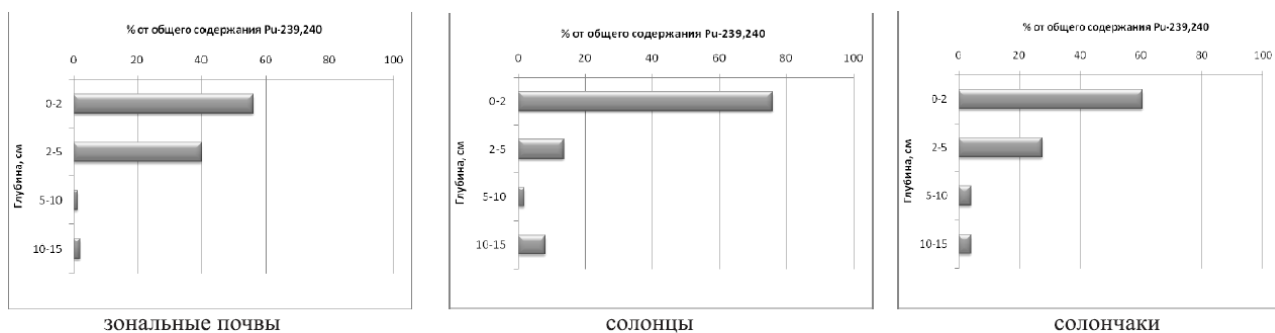


Рисунок 15 – Распределение радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  по горизонтам почв

Из (рисунка 15) видно, что распределение  $^{239+240}\text{Pu}$  по почвенному профилю очень схоже с профильным распределением  $^{137}\text{Cs}$ . Во всех типах почв в большинстве случаев для  $^{239+240}\text{Pu}$  характерно максимальное содержание в поверхностных горизонтах.

Данные гистограммы показывают, что залегание техногенных радионуклидов расположено на глубине 10-20 см от поверхностного слоя.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ РК В ОБЛАСТИ НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

В настоящее время основой оценки степени радиационного риска является общепринятая и регламентированная нормативными документами РК (НРБ-99, п. 2.8 [18]) модель беспорогового действия ионизирующего излучения, в которой мерой радиационного риска является величина эффективной дозы. Согласно нормам радиационной безопасности НРБ-99: "Главной целью радиационной безопасности является охрана здоровья населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, в науке и медицине".

##### **4.1 Современный статус территории СИП и условия проведения какой либо деятельности в местах проведения ядерных взрывов**

Современный статус СИП определяется Постановлением Правительства РК от 7 февраля 1996 года №172 "О переводе земель бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона в состав земель запаса".

Правительство РК постановляет:

Принять предложение Государственного комитета Республики Казахстан по земельным отношениям и землеустройству, согласованное с акимами Семипалатинской, Павлодарской и Карагандинской областей, Министерством экологии и биоресурсов, Министерством сельского хозяйства и Министерством экономики РК, о переводе земель бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона в состав земель запаса Карагандинской, Павлодарской и Семипалатинской областей согласно приложению [18].

Определение земель запаса представлено в Земельном кодексе Республики:

Казахстан "Кодекс Республики Казахстан" от 20 июня 2003 года №442.

Статья 137. Состав земель запаса.

Землями запаса являются все земли, не предоставленные в собственность или землепользование, находящиеся в ведении районных исполнительных органов. Земельные участки, на которых проводились испытания ядерного оружия, переводятся по решению Правительства РК в состав земель запаса. Правовой режим указанных земель определяется в соответствии со статьей 143 Кодекса РК.

В настоящее время на территории полигона проводится санкционированная хозяйственная и научная деятельность: добыча и разведка полезных ископаемых, научные исследования в области изучения природной среды, сейсмические исследования, функционируют два исследовательских ядерных реактора. Согласно статьи 5 "Основные виды деятельности в области использования атомной энергии" Закона РК от 14 апреля 1997 года №93-І "Об использовании атомной энергии (с изменениями, внесенными Законом РК от 20.12.04 г. №13-ІІІ)" к деятельности, связанной с использованием атомной энергии, относятся все виды деятельности в местах проведения ядерных взрывов. Все виды деятельности, связанные с использованием атомной энергии, осуществляются под постоянным контролем со стороны государства [18].

Деятельность, связанная с использованием атомной энергии, подлежит обязательному лицензированию в порядке, установленном законодательством РК. (Статья 11. Лицензирование деятельности, связанной с использованием атомной энергии).

Закон Республики Казахстан "О лицензировании" (с изменениями от 27.07.2007 г.) в Статье 13 "Лицензирование деятельности в сфере использования атомной энергии" также указывает, что наличие лицензии требуется для занятия следующими видами деятельности: пункт 8) "деятельность на территориях бывших испытательных ядерных полигонов и других территориях,



загрязненных в результате проведенных ядерных взрывов" [20].

Выполнить требования для получения лицензии каким-либо крестьянским хозяйством практически невозможно. Поэтому, для законного ведения сельскохозяйственной деятельности на территории бывшего СИП, необходимо часть территории, соответствующей требованиям Земельного кодекса, передать в хозяйственный оборот.

#### **4.2 Порядок передачи земель**

Земли запаса предоставляются в собственность или землепользование для нужд сельского хозяйства, промышленности и иных целей в порядке и на условиях, установленных Земельным кодексом Республики Казахстан "Кодекс Республики Казахстан" от 20 июня 2003 года №442 [18].

Порядок предоставления в собственность или землепользование земельных участков из земель, переведенных в состав земель запаса, на которых производились ядерные взрывы, устанавливается в Статье 143. "Земли, подвергшиеся радиоактивному загрязнению и на которых проводились испытания ядерного оружия":

1. Земельные участки, подвергшиеся сверхнормативному радиоактивному загрязнению или иным образом представляющие угрозу жизни и здоровью населения, не могут передаваться в собственность, постоянное или временное землепользование.

2. Земельные участки, подвергшиеся радиоактивному загрязнению, на которых не обеспечивается получение продукции, соответствующей установленным законодательством Республики Казахстан санитарным требованиям и нормативам, исключаются из сельскохозяйственного оборота и подлежат консервации. Производство сельскохозяйственной продукции на этих землях и ее реализация запрещаются.

3. Земельные участки, на которых проводились испытания ядерного оружия, могут быть предоставлены Правительством Республики Казахстан в

собственность или землепользование только после завершения всех мероприятий по ликвидации последствий испытания ядерного оружия и комплексного экологического обследования при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы.

4. Мероприятия по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия на указанных территориях предусматриваются в республиканской и областных программах по охране окружающей среды, по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и других специальных программах.

Положение о государственной экологической экспертизе, порядок проведения экспертизы, сроки и выдача заключения рассматриваются в главе 7 "Экологическая экспертиза" Экологического кодекса РК. Согласно пункту 3 статьи 143 Земельного кодекса РК, для передачи земель в собственность или землепользование были проведены комплексные экологические исследования передаваемых земель.

### **4.3 Допустимые уровни дозовых нагрузок на население**

Рассмотрим два класса нормативов для населения:

- основные пределы доз (ПД), приведенные в таблице 3.1 НРБ-99;
- допустимые уровни моно факторного воздействия, являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП) и допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА).

Основные пределы доз не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения. Для населения предел эффективной дозы от техногенных радионуклидов составляет 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год.

Постановлением Кабинета Министров РК №653 от 31 июля 2007 г. "Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий"

установлены показатели для оценки территории с точки зрения радиационной безопасности человека. Согласно Постановлению (раздел 6, Показатели для оценки радиационной безопасности), основным критерием, характеризующим степень радиэкологической безопасности человека, проживающего на загрязненной территории, является среднегодовое значение эффективной дозы от всех источников ионизирующих излучений, в том числе и природных. "Территории, в пределах которых среднегодовые значения дополнительной (сверх естественного фона) эффективной дозы облучения человека не превышают 1 мЗв, относятся к территориям с относительно благополучной экологической обстановкой. Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (дополнительного, сверх естественного фона) могут превысить 5 мЗв и находиться в диапазоне доз до 10 мЗв, необходимо относить к территориям чрезвычайной экологической ситуации, а более 10 мЗв – к зонам экологического бедствия" [20].

Согласно документам МАГАТЭ (BSS - основные нормы безопасности) "Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучений" (Серия 115) для облучения населения установлены пределы дозы, указанные в пункте II-8: "Оценочные средние дозы, получаемые соответствующими критическими группами населения под воздействием практической деятельности, не должны превышать предела эффективной дозы 1 мЗв в год" [19].

Таким образом, предел эффективной дозы 1 мЗв в год является допустимым уровнем как в РК, так и в международных документах.

#### **4.4 Требования нормативных документов РК к уровням радиоактивного загрязнения окружающей среды**

Все установленные уровни загрязнения природной среды, продуктов питания являются производными величинами от основного предела эффективной дозы доз для населения. Для оценки уровня загрязнения воздушного бассейна, источников питьевого водоснабжения, продуктов

питания, производимых на загрязненной территории, при известном радионуклидном составе НРБ-99 определены допустимые уровни монофакторного воздействия:

- пределы годового поступления (ПГП) с воздухом и пищей;
- допустимые среднегодовые объемные активности (ДООА) во вдыхаемом воздухе и в воде.

Значения ПГП и ДООА для основных техногенных радионуклидов представлены в Таблице 5. Нами рассматриваются радионуклиды, которые являются потенциальными загрязнителями природной среды, в условиях проведенных испытаний на бывшем СИП, и могут внести ощутимый вклад в годовую ожидаемую эффективную дозу облучения населения [22].

Таблица 5 – Значения величин предельного годового поступления с воздухом и пищей, допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе и удельной активности в воде отдельных радионуклидов для населения

Радионуклид	Поступление с воздухом		Поступление с водой и пищей
	Предел годового поступления, Бк в год	Допустимая среднегодовая объемная активность, Бк/м <sup>3</sup>	Предел годового поступления, Бк в год
<sup>3</sup> H	3,7*10 <sup>6</sup>	1,9*10 <sup>3</sup>	2,1*10 <sup>7</sup>
<sup>9</sup> 0Sr	2,0*10 <sup>4</sup>	2,7	1,3*10 <sup>4</sup>
<sup>9</sup> 9Tc	2,0*10 <sup>5</sup>	2,7*10 <sup>1</sup>	2,1*10 <sup>5</sup>
<sup>1</sup> 37Cs	2,2*10 <sup>5</sup>	2,7*10 <sup>1</sup>	7,7*10 <sup>4</sup>
<sup>1</sup> 51Sm	2,5*10 <sup>5</sup>	3,1*10 <sup>1</sup>	1,6*10 <sup>6</sup>
<sup>2</sup> 38Pu	2,2*10 <sup>1</sup>	2,7*10 <sup>-3</sup>	2,5*10 <sup>3</sup>

Продолжение таблицы 5

Радио- нуклид	Поступление с воздухом		Поступление с водой и пищей
	Предел годового поступления, Бк в год	Допустимая среднегодовая объемная активность, Бк/м <sup>3</sup>	Предел годового поступления, Бк в год
<sup>39</sup> Pu <sup>2</sup>	2,0*10 <sup>1</sup>	2,5*10 <sup>-3</sup>	2,4*10 <sup>3</sup>
<sup>40</sup> Pu <sup>2</sup>	2,0*10 <sup>1</sup>	2,5*10 <sup>-3</sup>	2,4*10 <sup>3</sup>
<sup>41</sup> Pu <sup>2</sup>	1,1*10 <sup>3</sup>	1,4*10 <sup>-1</sup>	2,1*10 <sup>5</sup>
<sup>41</sup> Am <sup>2</sup>	2,4*10 <sup>1</sup>	2,9*10 <sup>-3</sup>	2,7*10 <sup>3</sup>

Для продуктов питания Санитарными правилами и нормами "Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов" установлены допустимые уровни радионуклидов в более чем в 20 видах пищевых продуктов [19]. В таблице 6 указаны гигиенические требования безопасности пищевых продуктов, которые наиболее вероятно могут производиться на исследуемой территории.

Таблица 6 – Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов

Виды продуктов	Допустимые уровни, Бк/кг, не более	
	Мясо домашних и промысловых животных без костей	160
Молоко, сливки, жидкие кисломолочные продукты и т.д.	100	25
Овощи, бахчевые	600	200

Требования по допустимым уровням содержания изотопов плутония в продуктах питания в данном документе отсутствуют. Поэтому оценку содержания плутония можно провести исходя из величин предела годового поступления плутония с пищей, согласно НРБ-99.

## 4.5 Нормирование загрязнения почвенного покрова

До 2007 года для оценки радиоактивного загрязнения почв использовали данные фона глобальных выпадений, либо уровень радиоактивных отходов. По данным Госкомгидромета на 1990 год в среднем по стране (за исключением загрязненной зоны) плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  составила примерно около  $2,4 \text{ кБк/м}^2$  ( $65 \text{ мКи/км}^2$ ), а  $^{90}\text{Sr}$  около  $1,4 \text{ кБк/м}^2$  ( $39 \text{ мКи/км}^2$ ) [20]. Эти величины являются средними для территории бывшего СССР и могут варьировать в зависимости от регионов. До настоящего времени они могли измениться с учетом естественного радиоактивного распада [20].

В Постановлении Кабинета Министров РК №653 от 31 июля 2007 г. "Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий" были установлены показатели для оценки состояния почв, которые позволяют проводить экологическую оценку их состояния [21]. В 7 разделе Постановления "Критерии изменения природной среды", параграф 7 "показатели для оценки состояния почв" указано, что "выбор критериев экологической оценки состояния почв определяется спецификой их местоположения, генезисом, буферностью, а также разнообразием их использования". В таблице 7 приведены критерии классификации почв по параметру поверхностной загрязненности долгоживущими продуктами ядерных испытаний.

Таблица 7 – Классификации почв по параметру загрязненности

Показатель	Параметр		
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Радиоактивное загрязнение, Бк/кг*			
Цезий-137	Свыше 18500	6938-18500	До 6938
Стронций-90	Свыше 1388	462-1388	До 462
Плутоний (сумма изотопов)	Свыше 46,3	23,1-46,3	До 23,1
<i>Примечание:</i> * удельная активность рассчитана для слоя почвы глубиной 5 см, и плотности почвы $1,6 \text{ кг/дм}^3$			

Необходимо критически подойти к нормированию радиоактивного загрязнения почв плутонием. Установленные нормативы относятся к "сумме изотопов", что с точки зрения их радиационной опасности неверно, поскольку минимально значимые удельные активности изотопов плутония-239 (238, 240) на два порядка меньше, чем плутония-241.

Содержание в растениях искусственных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  нормируется "Временными допустимыми уровнями содержания радионуклидов в объектах контроля Минсельхоза РК", не вошедших в перечень Минздрава Республики от 22 февраля 1994 года [22]. Согласно им, допустимое содержание радионуклидов в траве, злаковых растениях, сене, сенаже, соломе и др. составляет 74 Бк/кг для  $^{137}\text{Cs}$  и 111 Бк/кг для  $^{90}\text{Sr}$ . Удельная активность других радионуклидов в данном документе не нормируется.

## **5 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПО РЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

### **5.1 Обоснование необходимости проведения ремидиационных работ на загрязненных участках**

На данный момент на территории СИП имеются участки значительного радиоактивного загрязнения, такие как площадки «4» и «4 А», объект «Могильник», которые разнесены на большой площади, что значительно осложняет их контроль. Данные площадки загрязнены долгоживущими радионуклидами, что обуславливает необходимость ведения контроля в течение длительного периода времени (десятки и сотни лет), что в совокупности с их территориальной удалённостью делает эти мероприятия очень затратным. Необходимо отметить, что наличие контроля, не защищает от возможного распространения радиоактивного загрязнения с данных участков на близлежащие незагрязненные территории передаваемых в народнохозяйственный оборот. Исходя из вышеназванных аргументов, предлагается в рамках финансовой программы произвести работы по реабилитации площадок «4», «4 А» и объекта «Могильник» посредством изъятия радиационно-загрязненного грунта и его последующего захоронения на созданной площадке хранения радиоактивных отходов, территория которой будет находится под круглосуточной охраной. Что позволит полностью исключить физический доступ к радиационно-опасным объектам [21].

В рамках реализации этапа «Реабилитация зон экологического бедствия и территорий, подверженных радиационным, химическим, биологическим загрязнениям» данной программы будет создан пункт хранения радиоактивных отходов (ПХРО) и проведены мероприятия по ремедиации участков площадок «4», «4а» и объекта «Могильник». Для реализации данного этапа будет создана система, которая будет структурно состоять из пункта сортировки радиоактивных отходов (РАО), находящегося непосредственно вблизи участков радиационного загрязнения; пункта паспортизации РАО и склада временного



хранения РАО (СВХ), находящегося на бывшей испытательной площадке «Опытное поле», где будет происходить паспортизация партий поступающих РАО и их размещение на временное хранение в СВХ; и ПХРО, где в последующем будут размещаться РАО, поступающие с СВХ. Также в рамках данной программы планируется создать физическую защиту и контроль над площадкой «Опытное поле», на территории которой расположено большое количество радиационно-опасных объектов.

## **5.2 Основные этапы создания технологического комплекса для проведения работ по реимедиации загрязненных площадок СИП**

Для выполнения реимедиационных мероприятий на площадке «Опытное поле» и прилегающих загрязненных земельных участков, разработан следующий план мероприятий:

### **5.3 Создание физической защиты площадки «Опытное поле»**

#### **5.3.1 Детализация границ площадки «Опытное поле»**

Для определения реальных границ на ОПП необходимо провести дополнительные исследования данного объекта (гамма-спектрометрическая съемка по сетке 100x100 м), так как работы будут проводиться только на участках радиоактивного загрязнения, участки не загрязненные радиоактивными материалами огораживать нет необходимости. Приблизительная длина периметра вновь созданного физического барьера будет равна 50 км. Создание рва глубиной около 1,5 метра, шириной 1 метр и ограждение колючей проволокой по периметру (50 км). При условии установки столбов для крепления колючей проволоки через 5 метров, необходимо 10000 столбов, колючей проволоки 300 км (3 линии и крест).

#### **5.3.2 Создание периметра физической защиты**

Для создания периметра физической защиты необходимо:

1. Создать рвы по периметру радиационно-опасных объектов.
2. Оградить колючей проволокой радиационно-опасные объекты.
3. Организовать видео наблюдение за всем периметром площадки

«Опытное поле».

### **5.3.3 Контроль целостности периметра**

С целью контроля состояния созданных физических барьеров, необходимо так же организовать непосредственный периодический осмотр (обход территории) созданных физических барьеров.

### **5.3.4 Создание ПХРО (пункта хранения радиоактивных отходов)**

### **5.3.5 Подготовка карт хранения РАО (радиоактивных отходов)**

### **5.3.6 Создание инфраструктуры (пункты наблюдения и мониторинга, площадка дезактивации оборудования и автотранспорта, жилые помещения и т.д.)**

## **5.4 Лагерь на БРВ (Боевые радиоактивные вещества)**

На первом этапе проводится планировка территории места расположения технологической площадки и расположения полевого лагеря с использованием механизированных средств. На подготовленных площадках устанавливается технологическое и вспомогательное оборудование, разворачивается полевой лагерь.

## **5.5 Рабочая зона**

На месте рабочей зоны, для разгрузки скреперов, устанавливаются 2 ангара размером (45×20×8 м), для исключения вторичного загрязнения при отделении РАО от МОИ. Один бокс разделяется для выгрузки двух скреперов, в две полосы по длине, второй для разгрузки третьего скрепера и для площадки по отгрузке РАО и МОИ. Тип ангара – это натяжные ангара из легких металлоконструкций с натянутым на них тентом с полихлорвиниловым покрытием, которое обеспечивает достаточную светопрозрачность и тем самым дает экономию электроэнергии в дневное время. Конструкцией ангара должны быть предусмотрены сквозной проезд автотехники вдоль бокса и вентиляционные отверстия в верхней части для конвекционной вентиляции. Кроме того, внутри бокса должно быть предусмотрено искусственное

освещение в соответствии с нормами при помощи энергосберегающих светильников. Ангары устанавливаются на ленточный фундамент. Площадка внутри ангара выстилается ж/б плитами, чтобы исключить продавливание основания (поскольку будет заходить тяжелая техника) и соответственно смешивание грязного грунта с чистым. Также поверх ж/б плит предполагается бетонная стяжка для исключения проникновения воды через стыки плит при дезактивации боксов. Должна быть предусмотрена система дренажа воды после дезактивации и последующая фильтрация и очистка. Сточные воды собираются к периметру ангара, затем по системе каналов собираются в емкости-отстойники. Отстойники располагаются по углам ангара в количестве 4 штук.

Дезактивация боксов проводится следующим образом:

- Производится сухая уборка остатков грунта с помощью специальной техники, путем подметания.
- С помощью насосов высокого давления, производится мойка площадки.

#### **5.5.1 Бокс для дезактивации**

В рабочей зоне необходимо предусмотреть бокс для дезактивации спецтехники размером 15×10×6 м. Конструкция ангара – это каркас из легких металлоконструкций с натянутым на них тентом с полихлорвиниловым покрытием, которое обеспечивает достаточную светопрозрачность и тем самым дает экономию электроэнергии в дневное время. Кроме того, внутри бокса должно быть предусмотрено искусственное освещение в соответствии с нормами при помощи энергосберегающих светильников. Конструкцией ангаров должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия в верхней части для конвекционной вентиляции. Ангар устанавливается на ленточный фундамент. Площадка внутри ангара выстилается ж/б плитами, поверх ж/б плит делается бетонная стяжка для исключения проникновения воды через стыки плит при дезактивации техники. Должна быть предусмотрена система дренажа воды после дезактивации. Сточные воды собираются к центру ангара, затем по системе каналов собираются в систему фильтрации и очистки. Кроме этого в

ангаре должны располагаться леса на колесах, с обеих сторон, относительно автотехники зашедшей на дезактивацию. Леса необходимы для дезактивации техники сверху. Дезактивация проводится с помощью насосов высокого давления, которые позволяют под большим напором струи раствора легко провести очистку спецтехники. Также внутри и снаружи бокса должны быть установлены емкости с водой на 1 и 4 м<sup>3</sup>, соответственно, для аппаратов высокого давления. Необходимо предусмотреть систему перекачки воды из большой емкости в малую.

Дезактивация автотехники проводится следующим образом:

- После того как спецтехника зашла в ангар.
- В малой емкости готовится дезактивирующий раствор.
- С помощью насосов высокого давления, начиная с лесов (т.е. сверху) производится мойка техники дезактивирующим раствором.

#### **5.5.2 Площадка для разбраковки, паспортизации и отгрузки радиоактивных отходов и материалов ограниченного использования**

Для разбраковки паспортизации и отгрузки РАО и МОИ используются малые фронтальные погрузчики в количестве 3 штук, конвейерные ленты и грузовики-самосвалы.

После того как дозиметристы предварительно разделят РАО и МОИ, малыми погрузчиками начнется погрузка грунта в соответствующие бункера. С бункеров равномерным слоем в 5 см по транспортерной ленте шириной 1 м начнется подача грунта в контейнеры грузовиков. Скорость перемещения конвейерной ленты 0,1 м/с. На ленте подачи РАО устанавливается лаборатория спектрометрического анализа, для определения содержания и активности радионуклидов в отгружаемом грунте. Подача грунта с конвейерной ленты в контейнерные люки грузовиков, расположенные в верхней части контейнера, осуществляется через буферную подложку, которая плотно прилегает к люку и исключает просыпание грунта и запыление. Контроль над объемом

отгруженного в контейнер грунта осуществляется посредством конвейерных весов.

После загрузки грузовики-самосвалы направляются на СВХ (склад временного хранения).

## **5.6 Лагерь на ОПП (опытном поле)**

На первом этапе проводится планировка территории места расположения технологической площадки и расположения полевого лагеря с использованием механизированных средств. На подготовленных площадках устанавливается технологическое и вспомогательное оборудование, разворачивается полевой лагерь. Подводится линия электропередачи до «Объекта 100», мощностью 10 кВ и производится установка границы санитарной зоны. Так же должен быть предусмотрен резерв электроэнергии в виде дизельных генераторов, общей мощностью (120 кВт).

### **5.6.1 Ангар для СВХ (склада временного хранения)**

На подготовленной площадке под СВХ для ангара размером 170×40×10 м изымается грунт на глубину 3м от дневной поверхности и делается приямок размером 165×35×3 м. В приямках необходимо предусмотреть конструкции укрепляющие стенки приямков, дабы исключить обвала стенок и соответственно послабления фундаментной части будущих ангаров. На стенки приямка устанавливается опалубка и заливается слой глины. На дно приямков выстилается полиэтиленовая прослойка и насыпается слой глины, который укатывается катками до однородного состояния толщиной 0,8 м, чтобы исключить миграцию РАО в чистый грунт и грунтовые воды. На слой глины ложится песчаная подушка слоем 0,2 м, которая обеспечивает однородность глиняного слоя и исключает его разрушение колесами спецтехники. Также необходимо обеспечить плавный съезд автотехники в приямки для разгрузки и укладки РАО.

После того как подложка готова, выполняется монтаж ленточного фундамента на расстоянии 2,5 м от края приямка. На фундамент

устанавливаются сами ангары. Внутри ангаров, на дневной поверхности, необходимо предусмотреть конструкцию по укреплению краев насыпи, чтобы исключить боковую нагрузку на стены ангаров. Укреплением служат столбики из швеллера №10 (длиной 2,5 м) расположенных по периметру ангара через 1,5 м и закрепленные на них деревянные щиты высотой 1,5 м. Конструкцией ангарных зданий должна быть предусмотрена система вентиляции и естественного освещения. Также необходимо искусственное освещение энергосберегающими светильниками, в соответствии с нормами и правилами.

Площадка размещения промышленных отходов создается в соответствии с нормами создания соответствующих объектов. На данной площадке предусматривается пункт промежуточного хранения партии МОИ, конструктивно состоящий из площадки, на которой возможно размещение 4 партий МОИ по 15 м<sup>3</sup>. Данная площадка предназначена для временного хранения грунта до получения подтверждения отношения его к классу МОИ, в противном случае грунт возвращается на пункт сортировки.

После получения подтверждения классности грунта, он располагается на площадке размещения промышленных отходов. С отметкой номера партии, места и даты расположения на площадке в базу данных.

По полному заполнению, данная площадка размещения промышленных отходов, консервируется согласно нормативным требованиям.

### **5.7 Жилая зона лагеря на опытном поле**

Жилая зона располагается на удалении 50 м от технологической площадки и представляет собой крытый ангар, который включает в себя:

- площадку расположения жилых модулей;
- санпропускник с выходом на рабочую площадку;
- площадку для содержания и обслуживания емкостей под питьевую и техническую воду;

Инфраструктура жилой зоны рассчитана на проживание смены

работников от 34 до 44 человек.

Необходимо предусмотреть обеспечение радиосвязью основных узлов рабочих площадок, скрейперами, офисным модулем и т.д. Радиус действия радиосвязи до 15 км.

Для обеспечения функционирования жилой зоны и рабочих площадок, необходимо снабжение электроэнергией. Планируется подвод линии электропередач (ЛЭП) мощностью 10 кВ, до трансформаторной будки расположенной на территории лагеря. При этом необходимо предусмотреть случай выхода из строя трансформаторной будки, для этого рядом с ангаром жилой зоны предусматривается установка резервного дизельного электрогенератора мощностью ~ 100 кВт, в отдельном помещении обеспечивающим доступ к обслуживанию, дозаправке и т.д.

Планировка площадки для жилой зоны заключается в выравнивании грунта для ровной горизонтальной поверхности с последующим монтажом бетонной стяжки или плит, общей площадью ~ 900 м<sup>2</sup>. После этого, на площадке размещают жилые модули (контейнеры) следующего назначения:

- Жилой модуль на 8 человек – 5 шт;
- Жилой модуль для руководящего состава на 4 человека – 1 шт;
- Модуль кухня – 1 шт;
- Модуль столовая – 1 шт;
- Модуль офисный – 1 шт;
- Модуль баня – 1 шт;
- Модуль гигиенический – 1 шт;
- Модуль санпропускник – 1 шт;
- Модуль радиосвязи – 1 шт.

Производится подключение систем дренажа, водовода, линий электроснабжения, канализации и т.д.

На территории жилой зоны предусматривается расположение запасов

питьевой и технической воды в емкостях  $\sim 4 \text{ м}^3$  каждая. Емкости являются источником, как для нужд жилого лагеря, так и для системы дезактивации. Емкости обеспечиваются системой насосов для перекачки воды из емкости в емкость, а так же для заполнения емкостей. К емкостям необходим постоянный подвоз воды водовозом для их пополнения.

По периметру жилой площадки, выложенной плитами, монтируется ленточный фундамент из ж/б блоков. На фундамент монтируется конструкция утепленного ангара произведенного в соответствии самым строгим требованиям СНиПов РК. Устойчивость к  $80 \text{ кг/м}^2$  снеговой нагрузки,  $50 \text{ кг/м}^2$  ветровой нагрузки. Для монтажа конструкции необходим кран с максимальной мощностью в 2 тонн/10 м и электроснабжение на площадке монтажа. Кровельные и стеновые листы, пролеты ангара сделанные на профильных машинах из оцинкованной стали защищены от коррозии. Несущий каркас состоит из чистого жесткого каркаса со сваренной сборной секцией, и стальных обрешетин. Всё крепится болтовыми соединениями. Ангар имеет въездные и выездные ворота для подвозки на автотранспорте продуктов, воды и других необходимых материалов в жилую зону. Ангар является защитным сооружением жилой зоны от внешних воздействий (пыли, ветра, снега и т.д.).

Так как ангар жилой зоны расположен рядом с ангаром рабочих площадок, то на выходе из жилой зоны на рабочую площадку устанавливается модуль-санпропускник с выходной дверью из грязной зоны санпропускника непосредственно на условно грязную зону рабочей площадки. Состав санпропускника: душевая, гардеробная домашней одежды, гардеробная спецодежды и хранения СИЗ, пункт радиометрического контроля. Обеспечивается система дренажа и очистки воды с санпропускника.

Предусматривается система отопления как жилых модулей, так и самого ангара жилой зоны. Жилые и офисные модули отапливаются с помощью электрического отопления (ориентировочно мощностью по 6 кВт на один модуль), а сам ангар, путем отведения тепла вырабатываемого



электрогенератором расположенном в соседнем помещении.

### **5.8 Заправочная станция**

На территории лагеря предусматривается площадка для хранения запасов дизельного топлива и масел (ГСМ), которая должна находиться на безопасном расстоянии от жилой зоны, в зависимости от количества запаса ГСМ, а так же отвечать нормам пожарной безопасности.

Площадка оборудуется электрическими колонками со счетчиками для заправки автотранспорта и выдачи ГСМ при необходимости. Емкости для хранения ГСМ выбираются исходя из необходимого количества ГСМ для обеспечения непрерывности производства на протяжении двух дней (~6-8 м<sup>3</sup>). Каждые два дня предусматривается пополнение емкостей с запасами ГСМ бензовозом.

### **5.9 Крупномасштабная радиационная съемка**

Проведение работ одной бригадой из 2 дозиметристов. При условии работы 4 скреперов и запаса времени – 1 недели для подготовки секторов на нескольких участках.

Учитывая, что ширина ковша 2,5 метра, толщина снимаемого грунта 0,1 метра и объем ковша 5 м<sup>3</sup>, то длина полосы снимаемого грунта для одного скрепера, приблизительно равна 20 м. Площадь данной полосы равна 50 м<sup>2</sup>.

Для вывоза 100 м<sup>3</sup> РАО, планируется вывоз 200 м<sup>3</sup> грунта ежедневно, при условии загрузки 5 м<sup>3</sup> в один скрепер, необходимо вывезти 40 скреперов в день = 10 рейсов на каждый скрепер.

Каждый скрепер в день выполняет по 10 рейсов. Соответственно для работы 4 скреперов должно быть обследовано по 500 м<sup>2</sup> для каждого скрепера, всего 2000 м<sup>2</sup> ежедневно.

Пешеходная β-съемка проводится со средней скоростью 2 км/ч. При проведении данного вида работ планируется проведения обследования по сетке 2,5х3 м. При 6 часовой рабочей смене дозиметристы обследуют 18 погонных км

= 18000 погонных метров. Участок для сбора 5 м<sup>3</sup> составляет 2,5х20 метров, на данном участке будет проведено 14 фиксированных измерений и составит 45 метров. При дневной выработке 40 участков, необходимо обследовать 1800 метров по пешеходной β-съемке, что в 10 раз меньше расчетных показателей.

### **5.9.1 Создание карты распределения РАО (радиоактивных отходов) на площадках**

По полученным данным, будет составлена карта-схема участка ведения работ с обозначением номера участка и классификации грунта на данном участке (РАО, МОИ).

Для оптимизации работ, обследуемая территория будет разделяться на сектора и обозначаться на местности металлическими колышками с яркими лентами двух цветов для разграничения МОИ и РАО. Для определения на местности данных участков на площади 500 м<sup>2</sup> для одной бригады необходимо 60 колышков.

Колышек – металлический прут длиной не менее 1,5 метров (травяной покров достигает 50 см и углубление в почву 15-20 см), толщиной не менее 10 мм, с выборкой в верхней части под фиксирование ленты и заостренной нижней частью в 3 см.

Для обозначения участков по номерам будут использоваться металлические флажки с креплением типа хомут, для установки на любой из колышков.

Дополнительно каждый скрепер должен быть укомплектован GPS навигатором с субметровой точностью. Каждый скреперист будет ориентироваться по карте-схеме с разбитыми участками (согласно предварительного обследования), по вбитым колышкам непосредственно на участке работ и по GPS навигатору.

Оборудование и материалы: автомобиль УАЗ (перевозка людей, металлических колышков, приборов и инструментов) – 1 шт., радиометры-

дозиметры (со штангой для дистанционного обследования) – 2 шт. (1 резерв), кувалда – 2 шт., колышки мет. – 200 шт., таблички металлические – 50 шт., сигнальная лента красная (оранжевая) – 5 км, сигнальная лента синяя (зеленая) – 5 км, GPS навигатор – 8 шт. (2- обследование, 6- скрепера), планшетные компьютеры – 6 шт., компьютер – 1 шт., принтер цветной – 1 шт., радиы автомобильные – 20 шт., радиы – 15 шт., дополнительные аккумуляторы к радиам – 35 шт., канцелярские принадлежности (планшетка, ручка, карандаш автоматический т.п.).

Количество задействованных людей: дозиметристы – 2 человека; обработка полученных данных предварительного обследования, составление карт-схем и заливка в GPS приемники – 1 человек; водитель – 1 человек.

### **5.9.2 Радионуклидная идентификация радиоактивных отходов**

После проведения радиометрического обследования, будут определены количество и глубина отбора проб почвы на каждом участке. Отобранные пробы будут переданы в лабораторию для проведения лабораторных анализов и проведения радионуклидной идентификации.

### **5.9.3 Оценка объемов радиоактивных отходов и материалов ограниченного использования**

По полученной информации (полевая, лабораторная) будет произведен расчет объемов РАО и МОИ на каждом участке.

### **5.10 Поэтапное изъятие загрязненного грунта и сортировка радиоактивных отходов**

По заранее размеченным участкам, производится снятие 10 см слоя грунта, спец. техникой для снятия и транспортировки грунта (скрепер). Далее грунт транспортируется на площадки по сортировке, на которой происходит разгрузка скрепера. Разгрузка производится на указанную свободную площадку, слоем порядка 5 см. После разгрузки скрепер отправляется за следующей партией грунта. Время, затрачиваемое одним скрепером, от одной разгрузке до

другой, составляет примерно 1 час 15 минут. При условии, что постоянно на работах задействованы четыре машины, время между каждой разгрузкой на пункте сортировки составит 20 минут. Вследствие этого предполагается устройство минимум трех площадок сортировки.

Сортировка грунта производится с помощью дозиметрических приборов (типа Radiagem, Colibri, МКС АТ-1117). Пороговые значения градации степени радиоактивного загрязнения грунта, для используемых приборов, должны определяться из проводимых рекогносцировочных работ до начала работ по ремедиации и на основе норм и требований, установленных законодательством РК. Персонал, производящий сортировку, должен разделить участки подпадающие под классы либо радиоактивных отходов (РАО), либо материалов ограниченного использования (МОИ) или чистый грунт, способом понятным для персонала который готовит разные типы грунта к последующей транспортировке (окраска, разметка с помощью реперов и т.п.). По окончании работ на одной партии грунта дозиметристы-сортировщики переходят на следующую. При этом время по сортировке одной партии грунта, в нормальных рабочих условиях, не должно превышать 20 минут. Всего на данном этапе задействовано три человека.

По окончании работ по сортировке одной партии грунта дозиметристами-сортировщиками, погрузочная техника должна приступить к работе на данной партии. Работа данного персонала заключается в перемещение уже классифицированного грунта на соответствующий конвейер (для РАО либо МОИ), либо на место временного хранения чистого грунта. Перемещение осуществляется тремя специализированными малыми фронтальными погрузчиками, каждый погрузчик производит сбор определенного класса грунт (РАО, МОИ и чистый грунт), использование погрузчика для класса, ниже по радиационной опасности, возможно только после проведения дозиметрического контроля и дезактивационных работ. По окончании работ на одной партии грунта, переходят на следующую. Время,

затрачиваемое на перемещение одной отсортированной партии грунта не должно превышать 20 минут.

Загрузка партий классифицированного грунта в транспортировщики, для МОИ и РАО, осуществляется при помощи конвейеров. Погрузчик перемещает грунт в соответствующий бункер, который его дозирует заданным слоем на конвейер. Конвейер перемещает грунт в кузов специализированной машины, которая представляет собой грузовой автомобиль с доработанным кузовом, препятствующим пылению при загрузке и транспортировке груза до СВХ. Все конвейеры оборудованы системой определения веса перемещаемого грунта.

Оба конвейера дополнительно оборудованы дозиметрическими системами управляемыми операторами, которые при возможном попадании РАО на конвейер для МОИ, либо попадании МОИ на конвейер для РАО, останавливают процесс загрузки. После остановки загрузки партия грунта перегружается в дежурный транспортировщик, который находится постоянно возле пункта разбраковки, по заполнению которого грунт возвращается на повторную разбраковку.

Конвейер для МОИ, дополнительно оборудован системой отбора интегральной пробы с партии МОИ. Интегральная проба помещается в производственный миксер для гомогенизации, после чего отбирается навеска в 1 кг для проведения экспрессных лабораторных анализов.

Проба, поступившая для лабораторных анализов, проходит процесс проб подготовки (просеивается, измельчается, фасуется в тару и передается на измерение). После проб подготовки образцы поступают на лабораторные анализы по определению гамма, альфа и бета-излучающих радионуклидов. Гамма-спектрометрический анализ проводится с помощью гамма-спектрометра с германиевым коаксиальным детектором, с расширенным энергетическим диапазоном. Альфа, бета-спектрометрический анализ производится с помощью счетчика с полупроводниковым детектором (iSolo, УМФ), в ходе которого рассчитывается суммарная альфа и бета – активность. Исходя из данных

полученных на счетчиках и предварительного обследования площадок попадающих под работы, производится расчет активности альфа и бета – излучающих радионуклидов. После этого полученные данные отправляются на пункт промежуточного хранения на площадке размещения промышленных отходов. Время, затрачиваемое на обработку (проб подготовка, лабораторные анализы, получение результата) одной пробы, не должно превышать одного часа.

По заполнению кузова транспортировщика РАО, конвейер останавливают, ставят соответствующую заметку в путевом листе (номер и тип партии, дата и объем загрузки). И данный транспортировщик отправляется на пункт повторной сортировке возле СВХ.

Аналогично при заполнении кузова транспортировщика МОИ, останавливается конвейер, ставятся необходимые отметки и груз транспортируется на пункт промежуточного хранения на площадке размещения промышленных отходов. С которого в случае подтверждения категории грунта происходит последующее захоронение на площадке размещения промышленных отходов. В противном случае грунт возвращается на пункт сортировки.

### **5.11 Транспортировка загрязненного грунта на СВХ**

Транспортировка осуществляется по специализированной дороге, отмеченной на всем протяжении знаками радиационной опасности. Дорожное покрытие должно обеспечивать перевоз  $200 \text{ м}^3$  грунта в день (около 16 рейсов). Силами, которые поддерживают инфраструктуру дороги должен проводится периодический осмотр и ремонт (отсыпка, выравнивание). Скорость передвижения транспортировщиков РАО и МОИ не должна превышать 40 км/ч.

Каждый транспортировщик должен быть оборудован системой связи, и обязан немедленно сообщать о возможных отмеченных случаях просыпания груза либо технических неисправностях. В случаях просыпания грунта, должна немедленно выехать дезактивационная бригада для проведения

дезактивационных работ, состоящая из двух скреперов, грейдера и дозиметриста-дезактиваторщика. Которые изымают загрязненный грунт и восстанавливают дорогу. Изъятый грунт перевозится на пункт сортировки.

### **5.12 Паспортизация и размещение РАО на СВХ**

При поступлении партии РАО на пункт паспортизации, производится его размещение на свободные рабочие площадки сортировки (выгрузка из транспортировщика и равномерное распределение по площадке сортировки). Размещение осуществляется с помощью грейдера.

Сортировка грунта производится с помощью дозиметрических приборов (типа Radiagem, Colibri, МКС АТ-1117 и т.п.). Пороговые значения градации степени радиоактивного загрязнения грунта, для используемых приборов, должны определяться из проводимых рекогносцировочных работ до начала работ по ремидации и на основе норм и требований, установленных законодательством РК. Персонал, производящий сортировку, должен разделить участки подпадающие под классы радиоактивных отходов (низко и средне активные), способом понятным для персонала который готовит разные типы грунта к последующей транспортировке (окраска, разметка с помощью реперов и т.п.). По окончании работ на одной партии грунта дозиметристы-сортировщики переходят на следующую. При этом время по сортировке одной партии грунта, в нормальных рабочих условиях, не должно превышать 20 минут. Всего на данном этапе задействовано три человека.

По окончании работ по сортировке одной партии грунта дозиметристами-сортировщиками, погрузочная техника должна приступить к работе на данной партии. Работа данного персонала заключается в перемещение уже классифицированного грунта на соответствующий конвейер (для средне активных РАО либо низко активных РАО). Перемещение осуществляется тремя специализированными малыми фронтальными погрузчиками, каждый погрузчик производит сбор определенного класса РАО. Использование погрузчика для класса, ниже по радиационной опасности,

возможно только после проведения дозиметрического контроля и дезактивационных работ. По окончании работ на одной партии грунта, переходят на следующую. Время, затрачиваемое на перемещение одной отсортированной партии грунта не должно превышать 20 минут.

Оба конвейера дополнительно оборудованы дозиметрическими системами управляемыми операторами, которые при возможном попадании РАО отличного класса, останавливают процесс загрузки. После остановки загрузки партия грунта перегружается в дежурный транспортировщик, который находится постоянно возле пункта разбраковки, по заполнению которого грунт возвращается на повторную разбраковку.

Так же оба конвейера оборудованы системами отбора интегральных проб с партии РАО. Интегральная проба помещается в производственный миксер для гомогенизации, после чего отбирается навеска в 1 кг для проведения экспрессных лабораторных анализов. По заполнению кузова транспортировщика, конвейер останавливают, ставят соответствующую заметку в путевом листе (номер и тип партии, дата и объем загрузки). И данный транспортировщик отправляется на пункт временного хранения на СВХ.

Проба, поступившая для лабораторных анализов, проходит процесс проб подготовки (просеивается, измельчается, фасуется в тару и передается на измерение). После проб подготовки образцы поступают на лабораторные анализы по определению гамма, альфа и бета-излучающих радионуклидов. Гамма-спектрометрический анализ проводится с помощью гамма-спектрометра с германиевым коаксиальным детектором, с расширенным энергетическим диапазоном. Альфа, бета-спектрометрический анализ производится с помощью счетчика с полупроводниковым детектором (iSolo, УМФ), в ходе которого рассчитывается суммарная альфа и бета – активность. Из ходя из данных полученных на счетчиках и предварительного обследования площадок попадающих под работы, производится расчет активности альфа и бета – излучающих радионуклидов. После этого полученные данные записываются в



паспорт партии РАО и отправляются на пункт временного хранения СВХ. Время, затрачиваемое на обработку (пробоподготовка, лабораторные анализы, получение результата) одной пробы, не должно превышать одного часа. В связи с проведением паспортизации двух конвейерах, необходимо, чтобы лаборатория была оборудована двумя трактами измерения и проб подготовки.

После получения паспорта происходит размещение партии РАО на определенную карту хранения, с отметкой указания места расположения в базе данных и в паспорте партии РАО. После размещения партия прессуется (укатывания специализированной техникой).

#### **5.12.1 Захоронение радиоактивных отходов на пункте хранения радиоактивных отходов**

По заполнению карты на СВХ, и завершению проектных работ по созданию ПХРО, осуществляется снятие ангара с СВХ и производятся инженерные работы по созданию ПХРО.

#### **5.12.2 Заключительное обследование площадок «4», «4а» и объекта «Могильник»**

После снятия слоя почвы на каждом участке, проводится детальное обследование территории, с отбором проб для лабораторных анализов. По результатам полученных данных определяются последующие виды работ на данном участке (повторное снятие грунта либо проведение работ по восстановлению почвенного покрова).

#### **5.12.3 Восстановление почвенного покрова площадок «4», «4а» и объекта «Могильник»**

При проведении ремедиационных работ будет снят верхний, плодородный слой земли. Для восстановления почвенного слоя необходимо произвести засыпку оголенной территории дресвянисто-щебенчатым материалом (щебнем) слоем не более 1 см. участков на которых будет произведена ремедиация. Это мероприятие позволит предотвратить ветровую эрозию до образования растительности первичной сукцессии (сорная

дикорастущая растительность) и начала развития естественных процессов почвообразования. Для ускорения этих процессов можно произвести подсев растительности, характерной для территории проведения работ (в зависимости от времени года проведения работ). Снятие поверхностного горизонта необходимо проводить в середине лета, поскольку весной и в начале лета отмечается сильная ветровая эрозия.

На площадке 4А площадь всех участков радиоактивного загрязнения составила около 202370 м<sup>2</sup>, а на площадке 4 приблизительно 2100 м<sup>2</sup>. Для проведения расчетов примем 250000 м<sup>2</sup>= 25 гектар.

Для покрытия территории в 25 гектар дресвянисто-щебенчатым материалом (щебнем) слоем в 1 см, необходимо 2500 м<sup>3</sup>отсыпного материала. Один самосвал перевозит 20 тонн или 32 м<sup>3</sup>. Соответственно необходимо выполнить 79 рейсов. Расстояние от места ведения работ до карьера составит около 140 км. На один рейс (280км) при расходе ДТ 50 литров на 100 км, необходимо 140 литров ДТ, при цене ДТ 80 тенге за литр, затраты по ДТ составят 11200 тенге. На вывоз 2500 м<sup>3</sup> затраты на ДТ составят 884800 тенге. При передвижении со средней скоростью 60 км/ч один рейс займет около 5 часов. Суммарное время для перевозки гравия 395 часов.

## **6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В результате радиоактивного загрязнения территории становится невозможным проживание на ней населения и обычное использование данных земельных угодий в течение длительного промежутка времени, что уже несомненно зависит от конкретного уровня загрязнения данных почв радионуклидами и состояния радиационной обстановки на данной территории. Заражённые земли характеризуются неблагоприятным экологическим состоянием и требуют к себе особого внимания и организации проведения на данных территориях комплексных мероприятий по оздоровлению природной среды и приведению загрязнённых земель в экологически безопасное состояние, пригодное для безопасного хозяйственного использования и проживания на ней населения.

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Сегментирование рынка услуг по разработке программы осуществляется по следующим критериям: размер компании и фирмы конкуренты.

Таблица 8 – Сегментирование рынка услуг по деятельности предприятий

		Фирмы конкуренты		
		ООО «Лидер Неруд»	ООО «РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КУЗБАССА»	ООО "Грин"
Размер компании	Крупная			
	Средняя			
	Мелкая			

### **6.2 Анализ конкурентных технических решений**

В таблице 9 представлен анализ конкурентных технических решений, существующих на рынке.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	2	5	5	0,4	1,0	1,0
2. Безопасность	0,1	2	2	4	0,2	0,2	0,4
3. Простота эксплуатации	0,05	3	5	2	0,15	0,25	0,1
4. Эффективность	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Надежность	0,2	5	3	5	1,0	0,6	1,0
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,2	4	4	2	0,8	0,8	0,4
2. Финансирование научной разработки	0,1	2	5	3	0,2	0,5	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>3,35</b>	<b>3,8</b>	<b>3,65</b>

Вывод: Таким образом из результатов анализа конкурентных технических решений, показатель конкурентоспособности соответственно равен 3,35 это говорит о том, что позиция разработки находится на сильном уровне. Конкурентоспособность рассматриваемого предприятия находится на отметке средних показателей.

### 6.3 Технология QuaD

Оценка показателей качества и перспективности разработки представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средне взвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	90	100	0,9	0,18
2. Безопасность	0,1	100	100	1	0,1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средне взвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
3. Простота эксплуатации	0,05	85	100	0,85	0,043
4. Эффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
5. Надежность	0,2	80	100	0,8	0,16
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
6. Цена	0,2	80	100	0,8	0,16
7. Финансирование научной разработки	0,1	85	100	0,85	0,085
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>0,863</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$$P_{cp} = 0,2 * 90 + 0,1 * 100 + 0,05 * 85 + 0,15 * 90 + 0,2 * 80 + 0,2 * 80 + 0,1 * 85 = 86,25 \%$$

Вывод: показатель  $P_{cp}$  который равняется 86,25 % говорит о том, что данная разработка считается перспективной.

## 6.4 SWOT-анализ

Первый этап SWOT-анализа представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Высокая конкурентоспособность С3. Более низкая стоимость	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации разработки Сл3. Наличие в устройстве токсичного материала Сл4. Низкая точность,

	<p>производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Обеспечение повышения производительности труда</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>получаемых результатов по сравнению с конкурирующими технологиями</p> <p>Сл5. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Работа с самыми перспективными сегментами рынка</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Усовершенствование технических характеристик продукта</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Улучшение технических характеристик конкурентных продуктов</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У5. Появление наиболее перспективных разработок</p>		

Второй этап SWOT-анализа представлен в виде интерактивных матриц в таких таблицах как 12,13,14,15.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	0	+
	В2	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	+	+
	В4	-	-	+	0	+
	В5	+	+	-	+	0

Анализ интерактивных таблиц:

В1С1С2С3С5; В2В3С1С2С3С4С5; В4С3С5; В5С1С2С4.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	+	0	0	+
	В2	-	-	-	-	-
	В3	-	-	-	-	-
	В4	-	-	-	+	-
	В5	-	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц: В1Сл1Сл2Сл5; В4Сл4.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	-	-	-	-
	В2	-	-	-	-	-
	В3	-	-	-	-	-
	В4	-	-	-	-	-
	В5	-	-	-	-	-

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	+	+
	В4	+	+	+	+	+
	В5	+	+	+	+	+

Анализ интерактивных таблиц: В1В2В3В4В5Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

В рамках **третьего этапа** представлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 16).

Таблица 16 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.  С2. Высокая конкурентоспособность  С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.  С4. Обеспечение повышения производительности труда  С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки  Сл2. Отсутствие сертификации разработки  Сл3. Наличие в устройстве токсичного материала  Сл4. Низкая точность, получаемых результатов по сравнению с конкурирующими технологиями  Сл5. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ  В2. Работа с самыми перспективными сегментами рынка  В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт  В4. Усовершенствование технических характеристик продукта  В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Высокие технические характеристики позволят вывести данную разработку на новый уровень. По многим критериям и параметрам устройство превосходит свои аналоги на рынке. Низкая стоимость продукта повышает дополнительный спрос. Таким образом, разработка обладает высокой конкурентоспособностью, а благодаря квалифицированному персоналу существует возможность вывести продукт на новый уровень и завоевать наиболее перспективные сегменты рынка.</p>	<p>Отсутствие прототипа и сертификации разработки ставят по угрозу сотрудничество с наиболее перспективными сегментами рынка. На базе инновационной инфраструктуры НИ ТПУ возможно проводить исследования для улучшения качества технических характеристик. Решение данных проблем может привести к выгодному сотрудничеству с особо крупными компаниями.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства  У2. Развитая конкуренция технологий производства  У3. Улучшение технических характеристик конкурентных продуктов</p>	<p>Данная разработка оказывает достойную конкуренцию своим аналогам. Используя знания квалифицированного персонала, возможно, обратить внимание на разработку и тем самым вызвать спрос на новые</p>	<p>Отсутствие прототипа научной разработки, недостатки технических характеристик понижает его конкурентоспособность на рынке.</p>



У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции	технологии. Благодаря, своей низкой стоимости продукт занимает устойчивое положение на рынке.	
У5. Появление наиболее перспективных разработок		

## 6.5 Планирование научно-исследовательских работ

### 6.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель и студент
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель и студент
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	6	Сбор материалов	Студент
	7	Проведение теоретических обоснований	Студент
	8	Проведение теоретических расчетов	Студент
Обобщение и оценка полученных результатов	9	Анализ полученных результатов	Студент
	10	Согласование полученных данных с науч. рук.	Научный руководитель и студент
	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводами	Студент
	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

## 6.6 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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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.

### 6.7 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы 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:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где  $T_{ки}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

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

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

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

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2016 год, количество календарных дней составляет 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 105 дней, а количество праздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48$$

Все рассчитанные значения заносим в таблицу 18.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ожгi}$ , чел-дни				И1	И2	И3	И1	И2	И3
	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3							
Составление и утверждение темы проекта	2	3	2.5	3	4	5	2,4	3,4	3,5	руководитель	2	3	4	3	4	6
Выдача задания по тематике проекта	1	2	3	2	4	5	1,4	2,8	2,8	руководитель, студент	1	1	1	2	2	2
Постановка задачи	2.5	3	2	4	5	4	3,1	3,8	3,8	руководитель, студент	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	1	3	3	3	7	6	1,8	4,6	4,6	Студент	2	5	5	3	7	7
Подбор литературы по тематике работы	1	4	3	4	6	7	2,2	4,8	4,8	Студент	2	5	5	3	7	7
Сбор материалов	3	5	3	4	7	5	3,4	5,8	5,8	Студент	3	6	6	4	9	9
Проведение теоретических обоснований	3	5	1	4	8	3	3,4	6,2	6,2	Студент	3	6	6	4	9	9
Проведение теоретических расчетов	3	6	5	5	7	9	3,8	6,4	6,4	Студент	4	6	6	6	9	9
Анализ полученных результатов	5	4	7	6	8	9	5,4	5,6	5,6	Студент	5	6	6	8	9	9
Согласование полученных данных с науч. рук.	3	5	3	4	7	6	3,4	5,8	5,8	руководитель, студент	2	3	3	3	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	2	3	5	4	5	7	2,8	3,8	3,8	Студент	3	4	4	4	6	6
Работа над выводами	1	3	5	2	4	7	1,4	3,4	3,4	Студент	1	3	3	2	4	4
Составление пояснительной записки к работе	2	4	5	4	7	8	2,8	5,2	5,2	Студент	3	5	5	4	7	7
<b>итого</b>	<b>29,5</b>	<b>50</b>	<b>47,5</b>	<b>49</b>	<b>76</b>	<b>81</b>					<b>33</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>49</b>	<b>80</b>	<b>82</b>

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, декады												
				февраль			март			апрель			май			Июнь
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	6													
2	Выдача задания по тематике проекта	Студент	2													
3	Постановка задачи	Студент	3													
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Студент	7													
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	7													
6	Сбор материалов	Студент	9													
7	Проведение теоретических обоснований	Студент	9													
8	Проведение теоретических расчетов	Студент	9													
9	Анализ полученных результатов	Руководитель, Студент	9													
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	4													
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	6													
12	Работа над выводами	Студент	4													
3	Составление пояснительной записки к работе	Студент	7													

– руководитель; – студент;

## 6.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- 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.

## 6.9 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} , \quad (6)$$

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

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15%).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	листов	300	250	400	1	1	1	300	250	400
Картридж	шт.	1	1	1	800	800	800	800	800	800
Информационные источники	шт.	1	3	2	300	300	400	300	900	800
<b>Итого</b>								<b>1400</b>	<b>1950</b>	<b>2000</b>

### 6.10 Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i}, \quad (7)$$

где  $t_i$  - затраты труда, необходимые для выполнения  $i$ -го вида работ, в рабочих днях,  $C_{зн_i}$  - среднедневная заработная плата работника, выполняющего  $i$ -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}$$

где  $D$  - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы),  $K$  - районный коэффициент (для Томска – 30%),  $F$  – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 21.



Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	16751,29	989,8	7	9	10	6928,6	8908,2	9898
Студент	6976,22	412,2	31	52	52	12778,2	21434,4	21434,4
<b>ИТОГО</b>						<b>19706,8</b>	<b>30342,6</b>	<b>31332,4</b>

Расчет для руководителя:

$$C_{зп_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (16751,29 \cdot 1,3) / 22 = 989,8 \text{ руб./дн.}$$

Расчет для студента:

$$C_{зп_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = (6976,22 \cdot 1,3) / 22 = 412,23 \text{ руб./дн.}$$

### 6.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (12)$$

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

Таблица 22 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	6928,6	8908,2	9898	<b>0,15</b>	1928,6	1336,23	1484,7
Студент	12778,2	21434,4	21434,4		1916,73	3215,16	3215,16
<b>Итого</b>					<b>23552,13</b>	<b>34893,99</b>	<b>36032,26</b>

### 6.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 23).

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	6928,6	8908,2	9898	1928,6	1336,23	1484,7
Студент	12778,2	21434,4	21434,4	1916,73	3215,16	3215,16
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					
<b>Исполнение 1</b>	<b>6382,627</b>					
<b>Исполнение 2</b>	<b>9456,271</b>					
<b>Исполнение 3</b>	<b>9764,742</b>					

### 6.13 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов берем в размере 50%.

Таблица 24 – Расчет накладных расходов

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1400	1950	2000
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19706,8	30342,6	31332,4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3845,33	4551,39	4699,86
4. Отчисления во внебюджетные фонды	6382	9456	9764
5. Накладные расходы	15334	23165	23898

## 6.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НИИ	1400	1950	2000
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19706,8	30342,6	31332,4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3845,33	4551,39	4699,86
4. Отчисления во внебюджетные фонды	6382,627	9456,271	9764,742
5. Накладные расходы	15334	23165	23898
6. Бюджет затрат НИИ	46669	69465	71695

Минимальный бюджет НИИ представлен первым исполнением и составляет около 46669 рублей.

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

*Интегральный финансовый показатель* разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Исп.1:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{r1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{46669}{46669} = 1$$

Исп.2:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{r2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{69465}{46669} = 1,48$$

Исп.3:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{r3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{71695}{46669} = 1,53$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 26).

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	2	5	5
2. Безопасность	0,1	2	2	4
3. Простота эксплуатации	0,05	3	5	2
4. Эффективность	0,15	4	3	3
5. Надежность	0,2	5	3	5
6. Цена	0,2	4	4	2
7. Финансирование научной разработки	0,1	2	5	3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>3,35</b>	<b>3,8</b>	<b>3,65</b>

$$I_{p-исп1} = 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 = 3,35$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 3,8$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 3,65$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (17)$$

$$I_{исп1} = \frac{3,35}{1} = 3,35 \quad I_{исп2} = \frac{3,8}{1,48} = 2,56 \quad I_{исп3} = \frac{3,65}{1,53} = 2,38$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (18)$$

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,48	1,53
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,35	3,8	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	3,35	2,56	2,38
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,48	1,53

Вывод: В результате выполненного анализа экономической эффективности было проведено сегментирование рынка, в результате которого были выбраны основные и наиболее перспективные сегменты из результатов анализа конкурентных технических решений, показатель конкурентоспособности равен 3,35 это говорит о том, что позиция разработки находится на сильном уровне. Конкурентоспособность рассматриваемого предприятия находится на отметке сильных показателей. Анализ качества и перспективности данной разработки показал, что она является перспективной, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности – 86%.

В процессе работы был составлен перечень этапов и работ, а также распределены исполнители. В качестве исполнителей выступали: научный руководитель и студент. Также был составлен календарный план-график проведения НИОКР, на котором изображены временные интервалы выполнения различных этапов.

Был проведен расчет материальных затрат, минимальные затраты составили 1400 рублей (Исполнение 1). Также был проведен расчет основной и

дополнительной заработной платы, отчислений во внебюджетные фонды и расчет накладных расходов. По результатам расчетов сделан вывод о том, что минимальный бюджет НИИ составил 46669 рубля (Исполнение 1).

Были рассчитаны интегральные финансовые показатели разработок, интегральные показатели ресурсоэффективности и сравнительная эффективность вариантов исполнения.

## **7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Семипалатинский ядерный полигон расположен в Казахстане на границе Восточно-Казахстанской области, Павлодарской и Карагандинской областей, в 130 километрах северо-западнее Семипалатинска, на левом берегу реки Иртыш.

Полигон занимает 18500 км<sup>2</sup>. На его территории находится ранее закрытый город Курчатова, переименованный в честь советского физика Игоря Курчатова, ранее обозначавшийся как Москва-400, Берег, Семипалатинск-21, станция Конечная. На географических картах это место, как правило, обозначается как «Конечная» (по названию станции) или «Молдары» (село, вошедшее в состав Курчатова).

Сфера деятельности полигона – испытание ядерного оружия. 12 августа 1953 года здесь было проведено испытание термоядерного оружия, в атмосфере — на высоте 30 метров над землей (заряд располагался в специальной башне). После этого испытания началось быстрое заражение территории полигона и прилегающих к полигону земель радиоактивными элементами. 22 ноября 1955 года еще одна термоядерная бомба была сброшена с самолета и разорвалась на высоте 2 км над уровнем земли.

Семипалатинский полигон функционировал с 1949 по 1989 год. За время его существования было произведено более 450 испытаний, в ходе которых взорвали около 600 как ядерных, так и термоядерных устройств. Из них было примерно 30 наземных и не менее 85 воздушных. Кроме того, проводились и другие испытания, в число которых входили гидродинамические и гидроядерные опыты.

### **7.1 Производственная безопасность**

В современных условиях одним из основных направлений улучшения профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение

комплексной системы управления охраной труда путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими и инженерно-техническими работниками.

### **7.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения**

В результате проведенного анализа, на людей работающих с заражённой землёй на испытательном полигоне влияют такие вредные факторы: физические и химические.

К вредным производственным факторам относят такие факторы, которые влекут за собой возникновение заболеваний и снижение трудоспособности.

Физические вредные и опасные производственные факторы подразделяются на:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
- повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;



- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

Вредные вещества, радиоактивные продукты (пыль, аэрозоли) попадают в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и через кожу. Оказывая негативное влияние, такое как отравление, головокружения и т.д.

Пыль затрудняет дыхание, вызывает кашель и чихание. Оседая в легких, пыль остается в них. При долговременном вдыхании пыли, возникают профессиональные заболевания легких – пневмокониозы.

Опасным производственным фактором, согласно, является фактор, воздействие которого влечет возникновение травмы или внезапное ухудшение здоровья.

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

по характеру воздействия на организм человека на:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные;
- влияющие на репродуктивную функцию;

по пути проникания в организм человека через:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

Основные факторы от которых и будет зависеть жизнь человека в зоне заражения:

- применение противорадиационных препаратов;
- средства индивидуальной защиты;
- правила безопасности и личной гигиены;
- правила приема пищи.

## **7.2 Средства индивидуальной защиты**

К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) относятся средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы) и кожи (специальные и подручные). Они используются для защиты людей от поражения опасными химическими, радиоактивными веществами, бактериальными аэрозолями и тепловыми потоками.

По принципу защитного действия СИЗ: фильтрующие и изолирующие. В фильтрующих противогазах воздух, поступающий для дыхания, очищается от вредных веществ и аэрозолей. В изолирующих — дыхание осуществляется за счет запасов кислорода, находящегося в самом противогазе, используются при недостатке кислорода в воздухе или когда концентрация опасных химических веществ очень высока или неизвестна.

В фильтрующих средствах защита кожи обеспечивается за счет обезвреживания паров АХОВ специальной пропиткой, нанесенной на ткань, герметичностью конструкции костюма.

В изолирующих — использованием прорезиненных тканей и полимерных пленочных материалов.

Средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК) предназначены для предохранения людей от воздействия опасных химических веществ (АХОВ), радиоактивных и бактериальных средств. Они могут быть подручными и специальными.

Подручными средствами защиты кожи является обычная одежда с дополнительными герметизирующими приспособлениями в комплекте с резиновыми сапогами и перчатками.

Специальные средства защиты кожи подразделяются на изолирующие (воздухонепроницаемые) и фильтрующие (воздухопроницаемые). Спецодежда изолирующего типа изготавливается из таких материалов, которые не пропускают ни капли, ни пары опасных веществ и обеспечивают необходимую герметичность. Спецодежда фильтрующего типа изготавливается из тканей, пропитанных специальными химическими веществами, задерживающими пары ядовитых веществ за счет химических реакций с ними. Конструктивно СИЗК выполнены в виде курток с капюшонами, полукомбинезонов и комбинезонов. В зонах аварий на опасных химических производствах в основном используются средства защиты изолирующего типа. Размер СИЗК подбирается в зависимости от роста. Время безопасного пребывания в них ограничено. Например, при температуре воздуха 30° С время работы в защитном костюме Л-1 составляет 15-20 мин, а при температуре воздуха 20° С — 40-50 мин. Изолирующие комплекты защиты кожи используются, как правило, в сочетании с изолирующим противогазом. Время защитного действия СИЗК зависит от их типа (марки) и свойств АХОВ. Например, время защитного действия комплекта КИХ-4 от воздействия хлора и аммиака не менее 60 мин, а от жидкого аммиака — не менее 2 мин.

При выходе из зоны радиоактивного заражения необходимо пройти санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивные вещества, попавшие на кожу, и провести дезактивацию одежды.

Таблица 28 – Опасные и вредные факторы при проведении ремедиации земли загрязнённой радионуклидами

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обслуживаемые работы: 1) погрузочно-разгрузочные работы; 2) работа с заражённой землёй;	1. Превышение уровней шума и вибрации; 2. Повышенная загазованность и запыленность. 3. Повышенный уровень радиации	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, оборудования; 2. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; 3. Пожар.	ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» ГОСТ 12.1.1003– 83 «ССБТ. Шум, общие требования безопасности» ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ "Организация обучения безопасности труда"

### 7.3 Экологическая безопасность

Радиоактивное заражение местности, приземного слоя атмосферы, воздушного пространства, воды и других объектов возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва во время его движения. Постепенно оседая на поверхность земли, радиоактивные вещества создают участок радиоактивного заражения, который называется радиоактивным следом.

Это фактор поражения, обладающий наиболее продолжительным действием (десятки лет), действующий на огромной площади.

Основными источниками радиоактивного заражения являются осколки деления ядерного заряда и наведенная активность грунта. Распад этих радиоактивных веществ сопровождается гамма- и бета-излучениями. Радиоактивное заражение местности характеризуется уровнем радиации (мощностью экспозиционной дозы), измеряемым в рентгенах в час (Р/ч).

При ядерном взрыве образуется облако, которое может переноситься ветром. Выпадение радиоактивных веществ происходит в первые 10-20 ч после взрыва. Радиоактивное загрязнение окружающей среды имеет место, если содержание радиоактивности в почве, воде или воздухе превышает предельно допустимые концентрации и квалифицируется как чрезвычайная ситуация.

Таблица 29 – Значение предельно допустимых концентраций некоторых радиоактивных веществ

Предельно допустимые концентрации радиоактивности	Предельные допустимые значения критериев			
	йод-131	цезий-137	стронций-90	плутоний - 239, 240
В почве, Ки/км <sup>2</sup>	-	1	0,3	0,1
В воде, Ки/л	$1 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	$5,2 \cdot 10^{-9}$
В воздухе, Ки/л	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$4,9 \cdot 10^{-14}$	$4,0 \cdot 10^{-14}$	$3,0 \cdot 10^{-17}$

С точки зрения радиационных последствий ядерные взрывы можно сгруппировать следующим образом:

- наземные взрывы – характеризуются в основном выпадением активности на территории полигона;
- воздушные взрывы – характеризуются в основном выносом активности за пределы полигона, ее разбавлением в атмосфере и вкладом в глобальные атмосферные выпадения;
- подземные взрывы – характеризуются в основном сосредоточением активности в котловых полостях, исключением являются взрывы на выброс и взрывы с внештатной радиационной ситуацией, которые приводят к загрязнению поверхности, как и наземные взрывы.

Сверхнормативное загрязнение радиоактивными изотопами цезия и стронция обнаружено в р. Чаган, Ащису, озере Балапан и в других водных

объектах на территории СИП. По крайней мере на 4500 кв.км СИП почва и гидросфера загрязнены этими изотопами. Общий масштаб загрязнения окружающей среды (и в пределах и вне границ СИП) плутонием обусловлен использованием его в испытаниях в количестве более 290 кг. Вклад от его воздействия в общее облучение населения и соответствующий риск не известен. Существующие загрязнения цезием, стронцием, плутонием и другими продуктами деления могут привести к значительному облучению населения, если сегодняшнее и будущее землепользование не будет должным образом контролироваться.

Более чем 10 миллионов кюри радиоактивных веществ сосредоточено в подземных полостях ядерных взрывов в непосредственной близости (около 50 км) от р.Иртыш. Существует риск миграции этих радионуклидов с подземными водами в направлении реки. Недавние единичные измерения, показавшие повышенные уровни трития в буровых скважинах, смежных с подземными полостями, подтверждают существование такого перемещения.

Такие «благородные» и «инертные» газы — ксенон-133, 135, 137, 140, 144, криптон-85, 89, 90, 91, 95, из которых образуются весьма жизненно опасные долгоживущие изотопы: стронций-80, стронций-90, иттрий-91, цирконий-95, ниобий-95, цезий-137, барий-140, церий-144, лантан-140.

Каждый подземный взрыв, а их проведено немало - 343, приводит в движение земную кору. Нарушения покоя метасферы, особенно в среде развития скальных пород, из которых, в основном, сложена почти вся территория Семипалатинской области, приводят к нарушениям прежней (материнской) структуры скальных пород.

При подземных ядерных взрывах происходит дробление горных пород как с образованием новых открытых трещин, так и подновлением древних тектонических структур, что вызывает такие явления, как осадка и провалы древней поверхности.

Большому нарушению подвержены песчаники, сланцы, вплоть до глинистых образований. Под механическим воздействием силы взрывной волны бокового сжатия они приобретают фактурообразную форму и заполняются глинистой массой.

Изменяется структура этих жестких по сложению скальных пород, происходит механический разрыв одних трещин, кальматация других, образование новых ослабленных зон или серии новых трещин.

Скважины, питающиеся за счет трещинных вод, после взрывов на полигоне становятся малододебетными или вовсе перестают давать воду из-за нарушения естественной циркуляции воды в этом фоне.

Такие же малододебетные скважины после каждого взрыва появляются во всех хозяйствах прилегающих к полигону районов. В последние годы выведены из строя более 700 трубчатых колодцев, снабжающих водой поселки и скот.

Как показали исследования гидрогеологов, ядерные испытания губительно влияют на подземные воды. В трещинных водах содержание урана, стронция, цезия в десятки раз превышает ПДК.

Радиоактивные отходы бывают жидкими и твердыми. В зависимости от агрегатного состояния изменяются условия их захоронения.

Высокоактивные жидкие радиоактивные отходы, способные к взрыву, в виде азотнокислых водных растворов хранят в аппаратах объемом до нескольких кубометров с двойными стенками из нержавеющей стали и с мешалкой.

Жидкие высокоактивные радиоактивные отходы, не способные к взрыву хранятся в могильниках, которые состоят из шахт и помещений для хранения.

В настоящее время одним из безопасных способов устранения опасности радиоактивного излучения твердых ядерных отходов является их захоронение. Твердые радиоактивные отходы хоронят в специальных контейнерах в подземных штольнях, тоннелях. К ним предъявляются особые требования при транспортировке к месту захоронения.

Защита селитебной зоны – участок захоронения радиоактивных материалов по периметру ограждён проволокой, и имеется частично разрушенный ров. Расстояние до административно-жилой зоны составляет 70 км.

#### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

На территории лагеря предусматривается площадка для хранения запасов дизельного топлива и масел (ГСМ), которая находится на безопасном расстоянии от жилой зоны, в зависимости от количества запаса ГСМ, а так же отвечать нормам пожарной безопасности.

Площадка оборудуется электрическими колонками со счетчиками для заправки автотранспорта и выдачи ГСМ при необходимости. Емкости для хранения ГСМ выбираются исходя из необходимого количества ГСМ для обеспечения непрерывности производства на протяжении двух дней. Каждые два дня предусматривается пополнение емкостей с запасами ГСМ бензовозом.

В результате нарушения техники безопасности возможно возгорание и взрыв ГСМ. Переход огня на сухую травянистую растительность и распространение степного пожара. Таким образом, это может принести материальный ущерб, угрозу здоровью, жизни человека и природной среде.

Пожарная безопасность – система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- предотвращение пожаров;
- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- тушение пожара.



Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Горение представляет собой сложное, быстро протекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением большого количества теплоты и свечением.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Необходимость строгого соблюдения мер пожарной безопасности при работе с оборудованием и бытовыми приборами требует регулярного проведения инструктажей работников по пожарной безопасности и их действий в случае возникновения пожара в помещении или в соседних комнатах. При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду.

#### **7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Закон Республики Казахстан от 4 декабря 2002 года № 361-III  
О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения

Закон Республики Казахстан от 23 апреля 1998 года № 219-III  
О радиационной безопасности населения

Закон Республики Казахстан от 15.07.1997 N 160-III  
"ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ"

Подготовка к работе. Допуск персонала. К непосредственной работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений - допускаются работники не моложе 18 лет. При этом все лица, постоянно работающие в контролируемой зоне, т. е. относящиеся к группе «а» категории А, проходят обязательный предварительный медицинский осмотр при поступлении на работу и затем ежегодно. К работе допускаются лица, не

имеющие медицинских противопоказаний, определенных приказом Министерства здравоохранения от 30 мая 1969 г. Лица, у которых обнаружены отклонения в здоровье от нормы, по заключению медицинской комиссии должны временно переводиться на работу, не связанную с воздействием ионизирующих излучений.

Все лица, работающие с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, обязаны проходить обучение по специальной программе, знать и строго соблюдать все правила по охране труда, технической и пожарной безопасности.

В зоне загрязнения запрещается:

- пребывание персонала без необходимых средств индивидуальной защиты;
- посещение ее лицами, постоянно не работающими в этой зоне, без письменного разрешения администрации или руководителя службы радиационной безопасности;
- хранение пищевых продуктов, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы был проведён обзор и анализ международного опыта по ремедиации (реабилитации) земель, которые подвергались загрязнению техногенными радионуклидами вследствие испытания ядерного оружия. В результате анализа было выбрано техническое решение по проведению ремедиационных мероприятий опираясь на международный опыт, в частности на выполненные работы на испытательном полигоне расположенного в Австралии, район Маралинга. Выполнение ремедиационных работ на испытательном полигоне расположенном в 130 километрах северо-западнее г. Семипалатинска, на левом берегу Иртыша.

Разработан проект ремедиационных работ на Семипалатинском испытательном полигоне, который включает в себя следующее:

1. Разделение и классификация загрязненного грунта на радиоактивные отходы и материалы ограниченного использования. Это позволяет уменьшить радиоактивные отходы т.к. материалы ограниченного использования можно применять при строительстве дорог.

2. Размещение радиоактивных отходов на охраняемый пункт хранения радиоактивных отходов и последующая консервация отходов с дальнейшим захоронением радиоактивных отходов на специальном комплексе для захоронения этих отходов.

По Семипалатинскому испытательному полигону был разработан и предложен проект по ремедиационным мероприятиям, который в свою очередь позволит локализовать наиболее загрязнённые земельные участки, и оградить доступ населения к радиационно-опасным объектам полигона. А так же провести очистку загрязнённых территорий площадь которых составляет 24 000 км<sup>2</sup> и передать в сельскохозяйственное пользование населению более 15 000 км<sup>2</sup>.

Новизна этой работы – создание проекта ремедиации зараженных земель для Семипалатинского испытательного полигона, республики Казахстан с целью достижения благополучной радиационной обстановки на данной территории. В последующем передача очищенных от радионуклидов земель в сельскохозяйственное использование населению республики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриюшин И. А. Ядерные испытания СССР. Гидроядерные эксперименты. Инвентаризация затрат плутония / И. А. Андриюшин, Н. П. Волошин, Р. И. Ильяев, А. М. Матущенко, В. Н. Михайлов, А. К. Чернышев [и др.] // Инф. бюлл. ЦНИИАтоминформ. – 1998. – №12. – С. 60-63.
2. Андриюшин И. А. Общие характеристики и некоторые вопросы экологических последствий ядерных испытаний СССР: тр. РФЯЦ-ВНИИЭФ /И. А. Андриюшин, Р. И. Ильяев, А. К. Чернышев. – Т. 1. – Саров: Научно исследовательское издание, 2001. – 637 с.
3. Материалы по вопросам радиоэкологического состояния территории бывшего СИП в результате воздействия значимых ядерных испытаний: окончательный доклад. Арзамас-16. – Москва, Санкт-Петербург, 1994.
4. Материалы по вопросам радиоэкологического состояния территории бывшего СИП в результате воздействия значимых ядерных испытаний: окончательный доклад. Арзамас-16. – Москва, Санкт-Петербург, 1994.
5. Crouch E.A.C. Atomic Data and Data Tables / E.A.C. Crouch. – 1977. – V.19. – P. 417-532.
6. Атомные взрывы в мирных целях: сб статей / под ред. И. Д. Морохова. – М.: Атомиздат, 1970. – 124 с.
7. Радиоактивное загрязнение природных сред при подземных ядерных взрывах и методы его прогнозирования /под ред. Ю. А. Израэля. – Ленинград: Гидромет. изд-во, 1970. – 67 с.
8. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / кол. авт. под рук. проф. В. А. Логачева – М.: Изд. АТ, 2001.
9. Логачев В. Радиоэкологические последствия испытаний БРВ на Семипалатинском полигоне / В. Логачев // Бюллетень по атомной энергии. – 2002. – №12.
10. Василенко И. Я. Чернобыль и проблемы радиобиологии / И. Я. Василенко. – 2001.
11. Давыдов М. Г. Радиоэкология. Избранные главы / М. Г. Давыдов.

12. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: доклад на Генеральной Ассамблее ООН за 1988 г. – М., 1992.
13. Павлоцкая Ф. И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах / Ф. И. Павлоцкая. – М.: Атомиздат, 1974.
14. Глобальные выпадения и человек. – М.: Атомиздат, 1974.
15. Моисеев А. А. Цезий-137 в биосфере / А. А. Моисеев, П. В. Рамзаев. – М.: Атомиздат, 1975.
16. Бонина Т. А. Анализ некоторых результатов долгосрочного радиозэкологического мониторинга территории Республики Беларусь / Т. А. Бонина [и др.].
17. Чернобыль. Радиоактивное загрязнение природных сред / под ред. Ю. А. Израэля. – М.: Гидрометеиздат, 1990.
18. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1.758-99. Издание официальное. – Алматы, 2000. – 80 с.
19. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарные правила и нормы №4.01.071.03: утв. приказом министра здравоохранения Республики Казахстан от 11 июня 2003 г. № 447.
20. Радиационная обстановка 60. на территории СССР в 1990 г.: Ежегодник /под ред. К. П. Махонько. – Обнинск: НПО "Тайфун", 1991.
21. Постановление Кабинета Министров РК № 653 от 31 июля 2007 г. "Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий".
22. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов в объектах контроля Минсельхоза Республики Казахстан, не вошедших в перечень Минздрава Республики, 22.02.94.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Содержание техногенных радионуклидов в верхних почвенных горизонтах

№прикопки	Глубина отбора, см	<sup>241</sup> Am, Бк/кг	<sup>137</sup> Cs, Бк/кг	<sup>239+240</sup> Pu, Бк/кг
1 Ск	0-2	1,0 ± 0,3	40,2 ± 1,3	3,7 ± 0,3
	2-5	< 0,4	11,8 ± 0,5	1,8 ± 0,3
	5-10	1,8 ± 0,2	3,2 ± 0,3	< 0,2
	10-15	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,3	< 0,4
2 К <sub>2</sub> <sup>^</sup>	0-2	2,8 ± 0,3	55,5 ± 1,5	18,2 ± 0,5
	2-5	< 0,5	3,7 ± 0,6	1,5 ± 0,2
	5-10	< 0,4	< 0,3	< 0,2
	10-15	1,8 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1,7 ± 0,1
3 К <sub>2</sub> <sup>^</sup>	0-2	1,3 ± 0,3	43,9 ± 1,4	7,4 ± 0,3
	2-5	0,8 ± 0,2	19,2 ± 0,9	6,3 ± 0,4
	5-10	< 0,2	3,2 ± 0,3	0,4 ± 0,1
	10-15	< 0,3	1,0 ± 0,2	< 0,3
4 Сн	0-2	< 0,4	0,9 ± 0,4	< 0,2
	2-5	0,7 ± 0,3	< 0,6	< 0,3
	5-10	< 0,3	5,5 ± 0,4	0,9 ± 0,1
	10-15	1,6 ± 0,3	38,4 ± 0,8	5,6 ± 0,4
5 К <sub>1</sub>	0-2	< 0,4	8,9 ± 0,7	1,6 ± 0,2
	2-5	3,4 ± 0,2	19,7 ± 0,6	19,8 ± 1,0
	5-10	1,6 ± 0,2	2,0 ± 0,3	< 0,2
	10-15	1,8 ± 0,2	1,0 ± 0,2	< 0,3
6 Сн	0-2	8,6 ± 0,5	55,0 ± 1,6	33,3 ± 1,1
	2-5	1,2 ± 0,1	22,0 ± 0,4	8,0 ± 0,5
	5-10	< 0,4	1,0 ± 0,2	< 0,2
	10-15	< 0,4	< 0,2	< 0,2
7 Сн	0-2	3,0 ± 0,3	30,3 ± 1,2	19,6 ± 0,5
	2-5	< 0,3	2,2 ± 0,2	1,2 ± 0,3
	5-10	< 0,3	< 0,3	< 0,2
	10-15	< 0,4	< 0,6	< 0,1
8 К <sub>2</sub> <sup>^</sup>	0-2	3,6 ± 0,3	33,8 ± 0,8	23,6 ± 0,7
	2-5	3,3 ± 0,3	7,8 ± 0,7	34,3 ± 1,2
	5-10	0,5 ± 0,3	2,2 ± 0,5	1,1 ± 0,2
	10-15	< 0,4	1,0 ± 0,4	0,8 ± 0,1

№прикопки	Глубина отбора, см	$^{241}\text{Am}$ , Бк/кг	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$^{239+240}\text{Pu}$ , Бк/кг
9 $\text{K}_2^{\wedge}$	0-2	$2,1 \pm 0,2$	$51,8 \pm 1,0$	$23,5 \pm 0,7$
	2-5	$0,5 \pm 0,3$	$15,8 \pm 0,9$	$5,4 \pm 0,6$
	5-10	$1,3 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	$< 0,2$
	10-15	$1,8 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,2$	$< 0,2$
10 $\text{Сн}$	0-2	$< 0,4$	$16,2 \pm 0,6$	$1,8 \pm 0,2$
	2-5	$< 0,4$	$2,0 \pm 0,5$	$< 0,4$
	5-10	$< 0,4$	$2,2 \pm 0,5$	$< 0,1$
	10-15	$< 0,4$	$< 0,6$	$< 0,1$
11 $\text{K}_2^{\wedge}$	0-2	$2,2 \pm 0,3$	$63,2 \pm 1,6$	$10,4 \pm 0,6$
	2-5	$< 0,3$	$3,5 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,2$
	5-10	$< 0,4$	$< 0,4$	$< 0,1$
	10-15	$< 0,5$	$< 0,4$	$< 0,1$
12 $\text{K}_2^{\wedge}$	0-2	$1,7 \pm 0,2$	$34,0 \pm 0,8$	$8,2 \pm 0,5$
	2-5	$0,5 \pm 0,3$	$9,7 \pm 0,8$	$2,2 \pm 0,3$
	5-10	$< 0,4$	$2,5 \pm 0,3$	$< 0,2$
	10-15	$0,4 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$
13 $\text{Ск}$	0-2	$< 0,3$	$12,2 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,2$
	2-5	$< 0,4$	$4,6 \pm 0,3$	$< 0,3$
	5-10	$2,0 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	$< 0,1$
	10-15	$< 0,4$	$1,9 \pm 0,3$	$< 0,2$
14 $\text{K}_2^{\wedge}$	0-2	$1,6 \pm 0,3$	$54,1 \pm 1,0$	$5,3 \pm 0,3$
	2-5	$< 0,4$	$3,3 \pm 0,3$	$< 0,5$
	5-10	$< 0,5$	$0,9 \pm 0,2$	$< 0,1$
	10-15	$< 0,5$	$0,4 \pm 0,2$	$< 0,1$
Примечание: $\text{K}_2^{\wedge}$ - каштановые, щебнистые; $\text{K}_1$ - светло-каштановые; $\text{Сн}$ – солонцы; $\text{Ск}$ – солончаки				